

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“ КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”**

Інженерно-хімічний факультет

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ**

освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

**освітня програма (спеціалізація): Обладнання хімічних, нафтопереробних
та целюлозно-паперових виробництв**

**на тему: Розроблення випарного і мембранного апаратів для
модернізації установки виробництва карбонату калію.**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М.Корнієнко
(підпис)

“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація
освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

освітня програма (спеціалізація) : Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

**на тему: Розроблення випарного і мембранного апаратів для модернізації
установки виробництва карбонату калію**

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-81мп

Валько Михайло Павлович

_____ (підпис)

Керівник дисертації канд. техн. наук, доц. С.В. Гулієнко

_____ (підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

_____ (підпис)

розробка стартап-проекту

канд. економ. наук, доц. Н.В. Юдіна

_____ (підпис)

технологія виготовлення деталі «кришка мембранного апарату»

канд. техн. наук, ст. викл. Я.Г. Двойнос

_____ (підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає
запозичень з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: магістр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Освітня програма (спеціалізація) : Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“ __ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Вальку Михайлу Павловичу

1. Тема проекту: Розроблення випарного і мембранного апаратів для модернізації установки виробництва карбонату калію.

Керівник проекту кандидат технічних наук, доцент Гулієнко С.В.

Затверджена наказом по університету від “01” листопада 2019 р.

№3807-С

2. Термін подання студентом проекту: 01 грудня 2019р.

3. Вихідні дані до проекту: до завдання по виробничій практиці: спроектувати: мембранний апарат з продуктивністю – 4,5 кг/с, початковою концентрацією – 0,7% та кінцевою концентрацією – 3%; випарний апарат з продуктивністю – 4,5 кг/с, початковою концентрацією – 3% та кінцевою концентрацією – 40%;

4. Зміст пояснювальної записки:

- а) основна частина розглянути існуючі конструкції випарних та мембранних апаратів, схем виробництва карбонату калію, обґрунтувати вибір конструкцій апаратів; проаналізувати обрані конструкції в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апаратів; виконати складальні креслення випарного апарату, мембранного апарату
- б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;
- в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією випарного апарату, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;
- г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування випарного та мембранного апарата; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;
- д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення кришки мембранного апарата, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема установки – А1, кресленик складальний випарного апарату – А0, кресленик складальний мембранного апарата А-1, кресленик складальний корпусу мембранного апарата – А2, схема автоматичного керування – А1, кондуктор – А1, кришка мембранного апарату – А2 технічної ідеї патенту – А3, ілюстрація до розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях – А3, математична модель та результати експериментів – 2хА1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І. М.		
Розроблення стартап проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення кришки підшипника вальців	Двойнос Я. Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А. Ю.		

7. Дата видачі завдання: 05 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. Виконано складальні креслення: випарного апарату – А0, мембранного апарату – А1.	01.09.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності нової машини.	15.09.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема установки. Вибір та опис випарного апарату, сепаратора. Технічна характеристика апаратів.	20.09.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апаратів. Розрахунок товщини стінок апаратів.	10.10.2019	
5	Розробка складальних креслень апаратів та їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів.	19.10.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка супроводжуючих документів. Виконання схем.	05.11.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації, автоматизації процесу.	10.11.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікації	15.11.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформлення. Підготовка до захисту. Складання плану викладення доповіді, окремих питань.	20.11.2019	
10	Попередній захист проекту.	02.12.2019	

1	2	3	4
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відгуку. Підготовка до захисту.	09.12.2019	

Студент
(підпис)

_____ М. П. Валько

Керівник дипломного проекту
(підпис)

_____ С. В. Гулієнко

РЕФЕРАТ

УДК 661.717.5

Магістерська дисертація на тему «Розроблення випарного і мембранного апаратів для модернізації установки виробництва карбонату калію» / КПІ ім. Ігоря Сікорського;; Керівник С. В. Гулієнко. – К., 2019. Викон. – М.П. Валько– Бібліогр.: с. 119.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 37 найменувань. Загальний обсяг записки становить 170 сторінок, з них 133 сторінок основного тексту, 47 рисунків, 50 таблиць.

Мета магістерської дисертації – є модернізація установки виробництва карбонату калію з розробкою випарного апарата та апарата зворотного осмосу.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типу апаратів, їх місце в технологічній схемі, технічну характеристику апаратів, обґрунтування вибору конструкцій апаратів, що проектуються і принцип дії їх основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників розробленої конструкції апаратів з аналогами, патентне дослідження конструкцій апаратів. Наведено заходи, щодо охорони праці, рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та розроблено стартап проект.

Проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій випарного апарату та апарату зворотного осмосу. Визначено рівень стандартизації та уніфікації. Розроблено автоматичну схему керуванням процесом.

КАРБОНАТ КАЛІЮ, ВИПАРНИЙ АПАРАТ, АПАРАТ
ЗВОРОТНЬОГО ОСМОСУ, СІТКА СЕПАРАТОР.

РЕФЕРАТ

УДК 661.717.5

Магистерская диссертация на тему «Разработка испарительного и мембранного аппаратов для модернизации установки производства карбоната калия»/ КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель С. В. Гулиенко. - М., 2019. Вискон. - В.М. Кушнирук- Библиогр .: с. 119.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок из 37 наименований. Общий объем записки составляет 170 страниц, из них 133 страниц основного текста, 47 рисунков, 50 таблиц.

Цель магистерской диссертации - является модернизация установки производства карбоната калия с разработкой выпарного аппарата и аппарата обратного осмоса.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа аппаратов, их место в технологической схеме, техническую характеристику аппаратов, обоснование выбора конструкций аппаратов, проектируемых и принцип действия их основных сборочных единиц и деталей, сравнение основных показателей разработанной конструкции аппаратов с аналогами, патентное исследование конструкций аппаратов . Приведены мероприятия по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и разработано стартап-проект.

Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций испарительного аппарата и аппарата обратного осмоса. Определен уровень стандартизации и унификации. Разработан автоматическую схему управлением процессом.

КАРБОНАТ КАЛИЯ, ВЫПАРНОЙ АППАРАТ, АППАРАТ ОБРАТНОГО ОСМОСА, СЕТКА СЕПАРАТОР.

ABSTRACT

UDC 661.717.5

The Master's thesis on the topic "Development of evaporator and membrane apparatus for the modernization of the plant for the production of potassium carbonate" / Igor Sikorsky KPI; The thesis supervisor S.V. Gulienko. - K., 2019 - 198 p. The developer - M.P. Valko - Bibliogr .: p. 119.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of links of 37 titles. The total volume of the note is 170 pages, including 133 pages of the main text, 47 figures, 50 tables.

The purpose of the master's thesis is to modernize the potassium carbonate production plant with the development of an evaporator and a reverse osmosis apparatus.

The note contains a description of the technological process, the choice of type of apparatus, their place in the technological scheme, the technical characteristics of the devices, the justification of the choice of designs of the designed devices and the principle of operation of their basic assembly units and details, comparison of the main indicators of the developed design of devices with analogues, patent research of designs of devices. Measures on safety, installation and operation recommendations are given. The installation was modernized and a startup project was developed.

The calculations confirming the efficiency and reliability of the designs of the evaporator and the reverse osmosis apparatus were carried out. The level of standardization and unification is determined. An automatic process control scheme has been developed.

POTASSIUM CARBOTATE, EVAPORATIVE APPARATUS,
RESERVE OSMOSIS APPARATUS, MESH SEPARATOR.

Зміст

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	6
Вступ.....	7
1 Призначення та область використання установки виробництва карбонату калію.....	9
1.1 Опис технологічного процесу.....	9
1.2 Вибір типу теплообмінника та його місце в технологічній схемі	10
2 Технічна характеристика.....	11
3 Опис та обґрунтування конструкції	12
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей.....	12
3.2 Вибір матеріалів та елементів конструкції апарата.....	15
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції апарата з аналогами	15
3.4 Патентний огляд конструкції апарата.....	18
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції випарного апарату	29
4.1.1 Визначення основних геометричних розмірів апарата	29
4.1.2 Конструктивний розрахунок.....	33
4.1.3 Розрахунок штуцерів.....	34
4.1.4 Розрахунок товщини циліндричної обичайки навантаженої внутрішнім тиском.....	37
4.1.5 Розрахунок товщини циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском	40
4.1.6 Розрахунок еліптичного днища.....	42
4.1.7 Розрахунок конічного днища.....	44

					ЛН81мп.65111.000ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Розроблення випарного і мембранного апаратів для модернізації установки виробництва	Літ.	Арк.	Акрівшів	
Розробив		Валько М.П.							
Перевірів		Гулієнко С.В.					10	170	
						КПІ імені Ігоря Сікорського, ІХФ.			
Н. Контр.									
Затверди									

4.1.8 Розрахунок фланцевого з'єднання	46
4.1.9 Розрахунок несучої спроможності вертикальних циліндричних обичайок від дії реакції опорних лап	54
4.1.10 Розрахунок товщини теплової ізоляції	59
4.2 Розрахунок мембранного апарата	62
4.2.1 Визначення основних геометричних розмірів мембранного апарата	62
4.2.2 Розрахунок гідравлічного опору.....	72
5. Охорона праці	76
5.1 Повітря робочої зони	76
5.2 Небезпека ураження електричним струмом.....	78
5.3 Виробничий шум та вібрації	80
5.4 Пожежна безпека та надзвичайні ситуації.....	83
5.5 Надзвичайні ситуації.....	84
6.Рекомендації щодо виготовлення, монтажу та експлуатації.....	87
7 Рівень стандартизації та уніфікації	90
8 Стартап-проект	92
8.1 Опис ідеї.....	92
8.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	94
8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	94
8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту	103
8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	106
Висновки	113
Выводы	114
Conclusions	115
Перелік посилань.....	116
Додаток А Технологія виготовлення основиматриці	120
Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом	132
Додаток В Документація до патентного дослідження	141
Додаток Г Комп'ютерний розрахунок	152

Додаток Д Патенти, які використані в патентному дослідженні	157
Додаток Е Публікації автора	169

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						5
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів

Умовні позначення:

D – діаметр апарата, м;

S – товщина стінки апарата, м;

G – продуктивність по готовому продукту, кг/год;

$d_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр гранул поліетилену, м;

m – маса апарата, кг;

$r_{\text{в}}$ – питома теплота пароутворення води, Дж/кг;

$c_{\text{п}}$ – питома теплоємність поліетилену, Дж/(кг·К);

$L_{\text{п}}$ – масові витрати повітря, кг/с;

$\omega_{\text{п}}$ – швидкість руху повітря, м/с;

$\rho_{\text{п}}$ – густина поліетилену, кг/м³;

$\rho_{\text{н}}$ – густина насипу, кг/м³;

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу апарата, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварного шва;

$n_{\text{т}}$ – коефіцієнт запасу міцності по межі текучості;

Q – теплові витрати, Вт;

V – об'єм, м³;

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δнк
						6
Змч	Δнк	Но доквм	Підпи	Ла		

Вступ

Карбонат калію K_2CO_3 – білий кристалічний порошок густиною $2,43 \text{ г/см}^3$, сильно гігроскопічний, на повітрі він розплавлюється, а при довгому зберіганні поглинає двоокис вуглецю і перетворюється в твердий бікарбонат калію $KHCO_3$. Найчастіше його використовують як технологічну сировину у процесі виробництві скла, високоякісні сорти використовують для медичного, оптичного, електровакуумного скла, а також кришталю. Гідроксид калію також необхідний для виробництва деяких солей, фармацевтичних препаратів, рідкого калійного мила, отримання рідкого та твердого двоокису вуглецю, його часто використовують при фарбуванні та відбілюванні тканин та для виготовлення харчових барвників.

Виробництво карбонату калію є доволі енергоємним, дорогим процесом, тому лиш деякі з багатьох способів його виготовлення знайшли практичне застосування. На сьогоднішній день, основну його масу отримують шляхом електролізу хлориду калію

Метою даної роботи є: інноваційне вирішення проблеми модернізації установки виробництва карбонату калію. Мембранний та випарний апарат в даній технологічній схемі слугує для концентрування розчину. Використання даних апаратів дає ряд переваг: збільшення концентрації в суміші на початковому етапі, що дозволяє зменшити енерговитрати, зменшення габаритів апарату сепарації. Тому робота є актуальною

Пояснювальна записка містить опис конструкції випарного та мембранного апарату, їх складальних одиниць та деталей, вибрані матеріали для виготовлення апаратів. Порівняні основні показники розроблених конструкцій з аналогами, проведені патентні дослідження, наведені заходи по охороні праці. Проведені параметричні розрахунки апаратів та розрахунків на міцність основних деталей та вузлів. Виконані креслення технологічної схеми, складальні креслення технологічної схеми, складальні креслення апаратів та їх

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						7
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

вузлів

Завдання одержане під час проходження виробничої практики в інституті газу НАН України 1 вересня 2019 р.

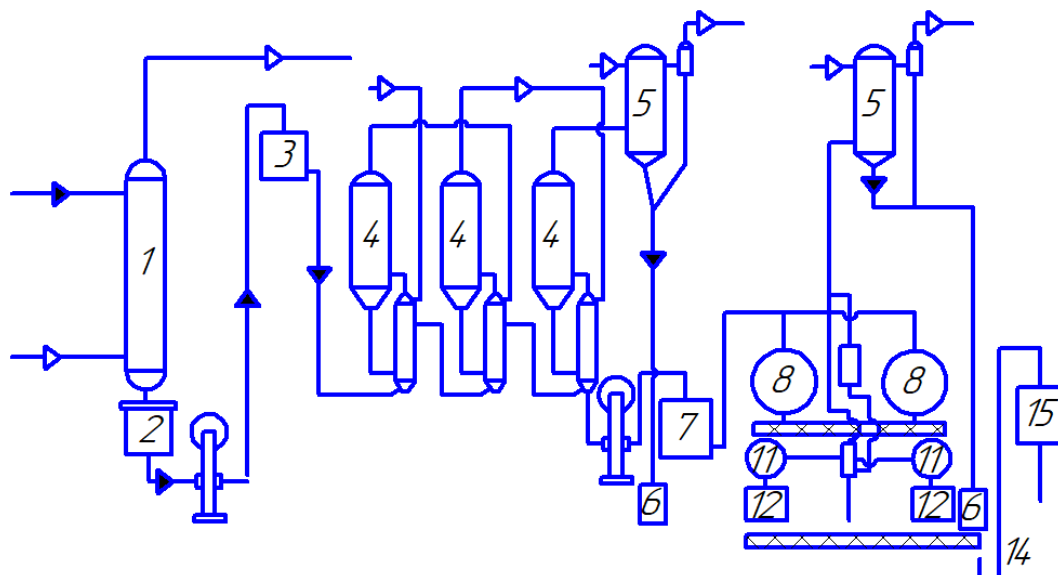
					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						8
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

1 Призначення та область використання установки виробництва карбонату калію

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічний процес, відповідно до [1]. При розкладі хлориду калію за допомогою діафрагмового способу, отримують розчин що містить 145 г/л КОН і 180 г/л КСІ. Для відділення КСІ розчин концентрують до 44,6-47,1% КОН (густиною 1,47-1,50 г/см³) і потім охолоджують. При 20-30° в розчині залишається близько 1% КСІ. Після відділення утвореного хлориду калію, розчин розбавляють до концентрації близько 30% КОН (густиною 1,3 г/см³) і піддають карбонізації в насадковій ректифікаційній колоні. При електролізі хлориду калію в ванні з ртутним катодом отримують розчин КОН, який містить соті частки відсотка хлоридів, і його карбонізують без попереднього очищення.

Подалі переробку карбонізованих розчинів роблять за технологічною схемою зображеною на рисунку 1.1.



1-карбонізаційна колона; 2 і 7 – збирачі; 3- мембранний апарат; 4-вакуум-випарна установка; 5-конденсатор; 6-барометричний ящик; 8-вакуум-вали; 9-циклон; 10 і 13-транспортери; 11- барабанна сушарка; 12- конусний ящик; 14- елеватор; 15-бункер.

Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва карбонату калію

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		9

Розчин концентрується в мембранному апараті 3, після чого його випарюють в вакуум-випарній установці (4). Концентрований розчин висушують за допомогою безперервно діючих вакуум-валів (8), які обігріваються паром. Висушений продукт проколюють у вакуумних барабанних сушарках (11) періодичної дії з паровою оболонню (тиск пари 12 ат). Цим методом отримують карбонат калію з вмістом близько 98% K_2CO_3 і біля 1% KCl. Для отримання більш чистого продукту (за змістом хлоридів) його очищають шляхом перекристалізації.

1.2 Вибір типу теплообмінника та його місце в технологічній схемі

Випарні апарати використовуються для концентрації водних розчинів у виробництві мінеральних солей, органічних продуктів і добрив та інших продуктів. Тип апарату вибирають в залежності від конкретних властивостей розчину і області його використання.

Випарні апарати з природною циркуляцією, співвісною гріючою камерою доцільно використовувати для випарювання розчинів, які виділяють кристали і утворюють на нагрівальній поверхні осад, який легко видаляється при промивці. З винесеною зовнішньою камерою та зоною кипіння найкраще підходять для розчинів, які при випаровуванні утворюють стійкий осад, який видаляється механічним шляхом. Випарні апарати, в яких кипіння розчину відбувається в трубках, навпаки підходять для випаровування розчинів, які фактично не залишають осаду.

Існують апарати і з штучною циркуляцією, в основному такі апарати використовуються при випаровуванні в'язких розчинів. Розчин що випарюється рухається по стінках таких апаратів із більшою швидкістю, що забезпечує більші коефіцієнти тепловіддачі. Недоліком є додаткова витрата енергії на роботу циркуляційного насоса, та ускладнення конструкції апарату.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						10
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

2 Технічна характеристика

Технічна характеристика мембранного апарата :

Робоча температура, °C	25;
Тиск в апараті, МПа	6;
Поверхня мембран в апараті, м ²	48;
Кількість фільтраційних елементів	4;
Робочий об'єм апарата, м ³	0,09;
Габаритні розміри:	
діаметр, мм	270;
довжина, мм	4650;
ширина, мм	405;
маса, кг	1500.

Технічна характеристика випарного апарата:

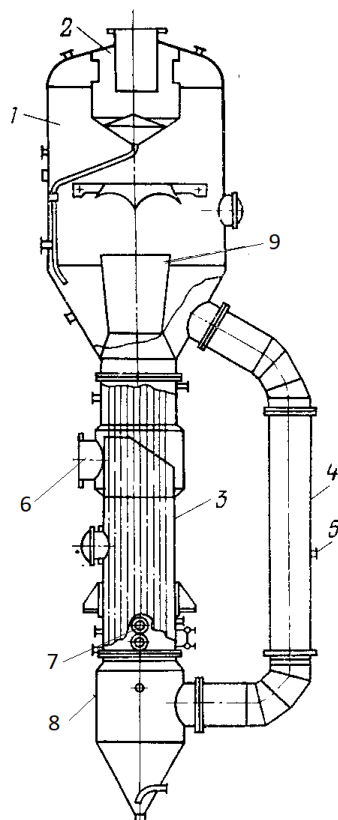
Максимальна температура °C	136,7;
Тиск в апараті, МПа:	
-міжтрубному просторі	0,6;
-трубному просторі	0,1;
Середовище:	
-в трубному	розчин K_2CO_3 ;
-міжтрубному	водяна пара;
Габаритні розміри:	
довжина, мм	18590;
глибина, мм	4620;
ширина, мм	5845;

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Дпк
						11
Змч	Дпк	Но докум	Підпи	Ла		

3 Опис та обґрунтування конструкції

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей

Схема випарного апарата представлена на рисунку 3.1[2].



1 – сепаратор; 2 – краплевловлювач; 3 – камера; 4 – спускна циркуляційна труба; 5 – вхід початкового розчину; 6 – вхід гріючої пари; 7 – вихід конденсату; 8 – збірник твердого осадку; 9 – труба закипання.

Рисунок 3.1 – Випарний апарат з природною циркуляцією та виносною циркуляційною трубою

Випарний апарати з внутрішньою співвісною гріючою камерою, та виносною циркуляційною трубою широко використовують в хімічній та харчовій промисловості. Основними вузлами такого випарного апарата є сепаратор, гріюча камера і циркуляційна труба. Сепаратор являє собою циліндричну ємність з еліптичною кришкою, приєднану до гріючої камери. Для відділення крапель рідини від вторинної пари у сепараторі встановлено

відбійник. Гріюча камера являє собою одноходовий кожухотрубний теплообмінник[2].

Для підвищення швидкості циркуляції розчину зону кипіння виносять за межі нагрівальної камери, тобто їй відводиться роль перегрівача розчину (а не кип'ятильник). Конструктивно це досягається розташуванням над гріючою камерою труби закипання, висота якої обирається з таким розрахунком, щоб за рахунок надлишкового гідростатичного тиску розчин лише перегрівався в нагрівальній камері відносно його температури насичення в сепараторі. При цьому кипіння перегрітого розчину має відбуватися у верхній частині труби закипання. Якщо ця умова виконується, то описаний апарат дійсно може тривалий час працювати без інкрустації поверхні нагріву. Його удільна продуктивність дуже обмежена, так як утворення великої кількості перегрітого розчину вимагає значного гідростатичного тиску над гріючою камерою.

При роботі апарату рівень рідини має підтримуватися по верхній кромці труби закипання. Зниження рівня призводить до зменшення продуктивності, а підвищення викликає гідравлічні удари і підвищення рівня виносу розчину вторинним паром.

Для проведення процесу зворотного осмосу найчастіше використовують апарати з рулонними (спіральними) мембранними модулями (рисунк 3.2), це можна пояснити тим що такі мембрани мають високу питому площу поверхні мембран, а також просту конструкцію апаратів. Рулонний мембранний модуль складаються з центральної перфорованої трубки накрученим на неї дренажним матеріалом який з обох боків загортається в мембрану. Мембранний пакет скручується рулоном навколо центральної труби і, завдяки наявності сітки сепаратора, між шарами мембранного пакету наявні проміжки, які слугують напірним каналом для руху сировини. Розчин карбонату калію подається з торця мембранного модуля, проходить по спіралі через мембрану і прокладки, а потім потрапляє в дренажну трубу (центральну трубу), з якої видаляється як пермеат. Сконцентрований карбонат калію відводиться з тоця модуля і іде на

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						13
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Па		

подальше концентрування.

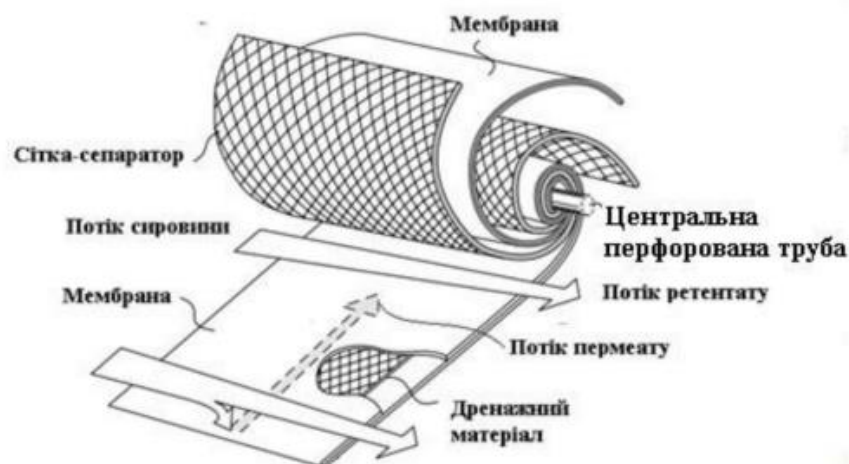
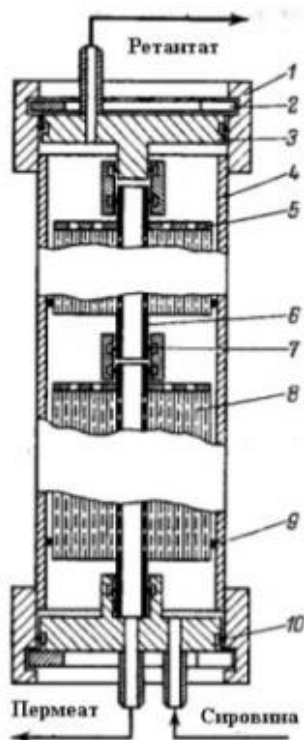


Рисунок 3.2 – Рулонний мембранний модуль

Рулонні модулі встановлюють в корпусах, які сконструйовані з можливістю окремого виведення з апарату ретантату та пермеату (рисунок.3.3)



1 – накидне кільце; 2 – упорне кільце; 3 – кришка; 4 – корпус; 5 – решітка; 6 – труба для виведення пермеату; 7 – кільце; 8 – модуль; 9 – манджета; 10 – кільце

Рисунок 3.3 – Схема апарата рулонного типу

3.2 Вибір матеріалів та елементів конструкції апарата

Підбір матеріалів для виготовлення хімічного обладнання відбувається за наступними параметрами: фізичні властивості, вартість, здатність до зварювання, легкість обробки.

Для виготовлення випарних апаратів, одним з найважливіших показників є корозійна стійкість матеріалу, та його механічна міцність при достатньо високих температурах. Найкраще відповідають даним вимогам нержавіючі високолеговані хромонікелеві сталі. Вони корозійностійкі до агресивних середовищ, та мають високу міцності, добре зварюються.

Розчин карбонату калію має не високу корозійну активність, але оскільки його використовують для виготовлення спеціальних сортів скла та в миловарному виробництві, виникнення корозії не допустиме, тому всі складальні одиниці і деталі, які контактують з розчином (циркуляційна труба ,трубні решітки, пучок труб, днище, сепаратор та штуцери) виготовляють з нержавіючої корозійностійкої сталі 12X18H10T ГОСТ 5632-72 [3].

Інші деталі апарату виготовляємо з відносно дешевої сталі Ст3сп ГОСТ 380-94.

Болти виготовляються із вуглецевої сталі марки 35 X ГОСТ 4543-71.

Шайби виготовляються із сталі Ст3 ГОСТ 380-94.

Прокладки виготовляються із пароніту ПОН-1 ГОСТ 461-80; використовуються при температурі 73...673 К та умовному тиску до 2,5 МПа, тобто задовольняє вимогам даного апарата.

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції апарата з аналогами

Щоб забезпечити задану продуктивність на лінії виробництва карбонату калію обирається випарний апарат з виносною циркуляційною трубою та вільною циркуляцією, адже вільна циркуляція розчину може бути посилена, якщо в низхідну ділянку циркуляційного контуру (виносну циркуляційну

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						15
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

трубу) вводити вихідний карбаміду, який має низьку температуру (отже густина його більша, ніж розчину, який знаходиться в установці) як наслідок зростає природна циркуляція.

Для упарювання розчину карбонату калію можна використати також випарний апарат з винесеною циркуляційною трубою та примусовою циркуляцією, або апарат зі стікаючою плівкою. Апарати з примусовою циркуляцією переважно використовуються для випаровування розчинів з великою в'язкістю, або для збільшення теплового навантаження, відповідно підняття коефіцієнтів тепловіддачі. Недоліком даних апаратів є необхідність використання циркуляційного насосу, який потребує додаткових витрат енергії, та містить рухомі елементи, які можуть легко вийти з ладу. Випарні апарати з висхідною плівкою використовують для термолабільних розчинів, основним їхнім недоліком є наявність значної кількості рухомих елементів.

Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами описані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння основних показників конструкції з аналогами

Технічна характеристика	Випарний апарат з виносною циркуляційною трубою та вільною циркуляцією (що проектується)	Випарний апарат з примусовою циркуляцією і винесеною грійною камерою	Випарний апарат зі стікаючою плівкою
Продуктивність, кг/с	8,5(5)	8,5(5)	8,5(5)
Висота, мм	19000(4)	25000(3)	17000(5)
Діаметр, мм	1800(5)	1800(5)	1800(5)
Площа теплообміну, м ²	450(4)	500(5)	450(4)
Маса, кг	22500(5)	34000(3)	28000(3)
Сума балів	23	21	22

В даному виконанні випарного апарата, циркуляційна труба не

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						16
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

нагрівається парою і охолоджується початковим розчином, отже створюються кращі умови для циркуляції. Завдяки природній циркуляції непотрібні додаткові затрати енергії на переміщення розчину. Перевагою апарату, що проектується, є менші габаритні розміри та маса, тобто менша матеріалоємність порівняно з аналогами з такою самою площею поверхні теплообміну.

Зворотній осмос оснований на очищенні розчинів під тиском через напівпроникні мембрани, що пропускають розчинник, але затримують речовини що розчинюються. Розділення проходить без фазових перетворень при температурі оточуючого середовища, тому затрати енергії значно менше ніж при розділенні іншими методами. Мала енергоємність і відносна простота апаратурного оформлення забезпечує високу економіку ефективність зворотного осмосу. Порівняння основних показників конструкції мембранного апарату з аналогами описано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Порівняння основних показників конструкції мембранного апарату з аналогами

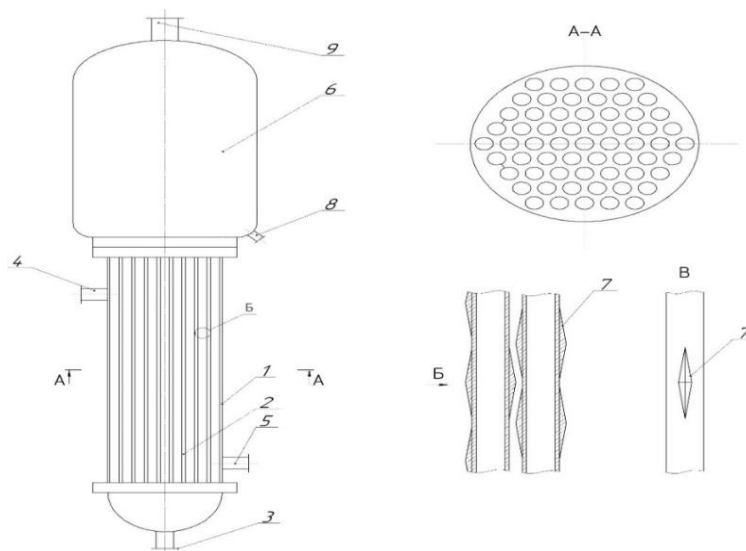
Параметр	Зворотній осмом	Випарювання	Іонний обмін
Продуктивність, кг/с	5(1)	5(1)	5(1)
Якість ГОТОВОГО продукту кг/кг	$1,234 \cdot 10^{-3}(1)$	$1,357 \cdot 10^{-3}(0)$	$1,357 \cdot 10^{-3}(0)$
Додаткове обладнання	Так(0)	Так(1)	ні(0)
Габаритні розміри, мм	H=2925, D=200(1)	H=13000, D=800(0)	H=800, D=600(22,5)
Неперерівність дії	Так(1)	так(1)	Ні(0)
Питомі енерговитрати	4897 Дж/кг(1)	2200 кДж/кг(0)	7600 Дж/кг(0,5)
Сума балів	5	3	2

Висновки: мембранний, та випарний апарат що проектується заданих умов, він має оптимальні габаритні розміри, найменший гідравлічний опір, має можливість зменшення виносу крапель рідини з плівки, що стікає по стінках, то ж доцільно використовувати запропонований тип апаратів.

3.4 Патентний огляд конструкції апарата

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук. Суттєвими ознаками апарата є: гріюча камера, сепаратор, циркуляційна труба. Для докладного аналізу було обрано патенти [5-9].

У патенті [5] описаний випарний апарат (Рисунок 3.4), що містить корпус, сепаратор, теплообмінні труби, співвісну циркуляційну камеру, штуцери для входу і виходу середовищ. На трубах виконано ребрення у вигляді пірамід, які сприяють турбулізації плівки водяної пари без блокування значної поверхні теплообмінних труб, що дозволяє інтенсифікувати процес тепловіддачі.

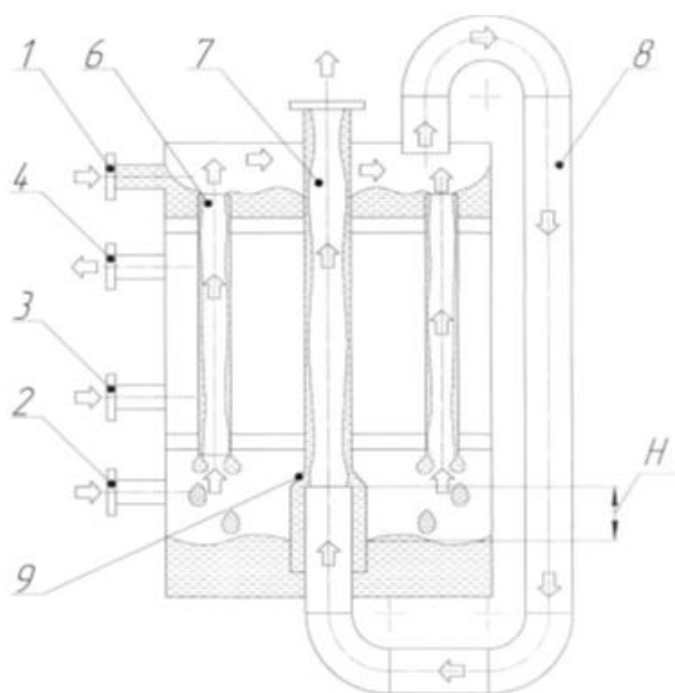


1–гріюча камера; 2–труби; 3–патрубок для входу початкової суміші; 4–патрубка для входу гріючої пари в міжтрубний простір; 5–патрубок для виходу конденсату; 6–сепаратор; 7–турбулізуючі вставки; 8–патрубок виведення упареного розчину; 9–патрубок виведення вторинної пари.

Рисунок 3.4 – Схема випарного апарата

Недоліком даного апарата є розташування циркуляційної камери в середині апарату, що знижує природну циркуляцію. Виконання турбулізуючих вставок у формі пірамід сповільнює стікання плівки, що призводить до збільшення її товщини, а відповідно і до збільшення термічного опору, що негативно позначиться на теплообміні.

У патенті [6] описаний випарний апарат (Рисунок 3.5), що складається із труб, у яких рухається повітря та розчин у вигляді плівки, штуцерів входу та виходу теплоносія, штуцер подачі повітря та виходу для його суміш,



плівкоутворювачі.

1–штуцер для подачі вихідного розчину; 2–штуцер подачі повітря; 3,4–штуцери для подачі та відводу теплоносія; 5–плівкоутворювач; 6–низхідні труби; 7–висхідні труби; 8–з'єднувальна труба; 9–плівкоутворювачі.

Рисунок 3.5-Схема плівкового випарного апарата

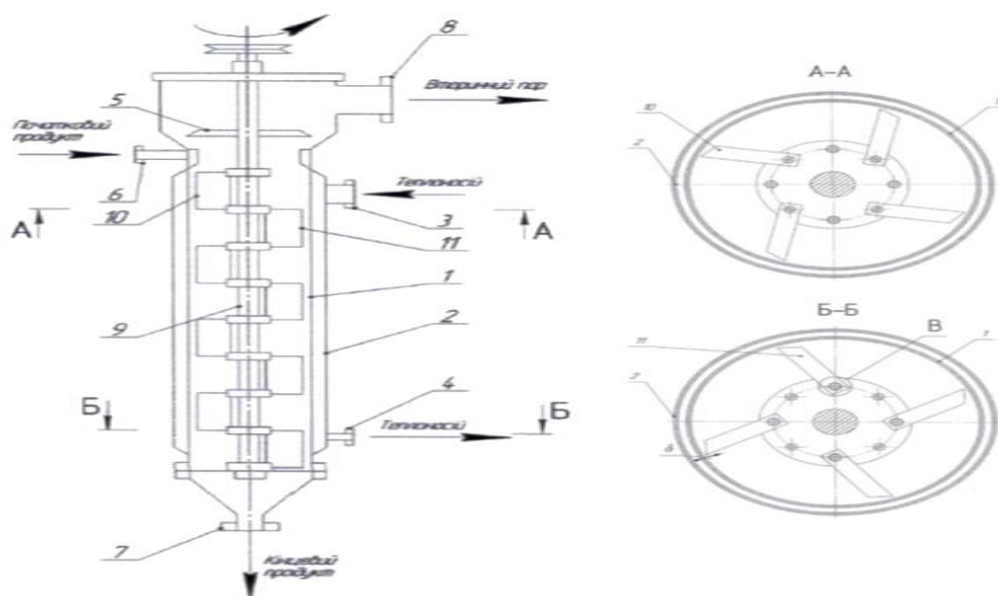
Таке виконання апарату сприяє підвищенню теплопередачі між середовищами за рахунок перерозподілу плівки у нижній частині апарату за рахунок зменшення кількості та діаметра теплообмінних труб. Апарат містить труби з низхідним та висхідним рухом плівки, висхідний рух

забезпечується завдяки руху повітря, яке рухається швидше ніж у трубах з низхідним потоком. Розчин поступово рухається трубами, де волога за рахунок масообміну переходить до повітря, і збільшується концентрація розчину.

Недоліком є монолітність конструкції, як наслідок непридатність апарату до випаровування розчинів зі значною в'язкістю та неможливість механічної очистки поверхні теплообміну. Порівняно невисока продуктивність, та значна металоємність на одиницю поверхні теплообміну.

У патенті [7], описаний випарний апарат (Рисунок 3.6), що складається із вертикального циліндричного корпусу із штуцерами підведення і відведення нагрівального теплоносія та продукту, на якому розташована теплообмінна оболонка.

В корпусі міститься вал ротора, на якому шарнірно закріплені лопаті у вигляді пластин.



1 – нагрівальний корпус; 2 – обігрівача оболонь; 3 – штуцер введення теплоносія; 4 – штуцер виведення теплоносія; 5 – крапле відбійник; 6 – штуцер введення продукту; 7 – штуцер виведення продукту; 8 – штуцер виходу вторинної пари; 9 – ротор; 10 – шарнірно закріплені лопаті; 11 – жорстко закріплені лопаті.

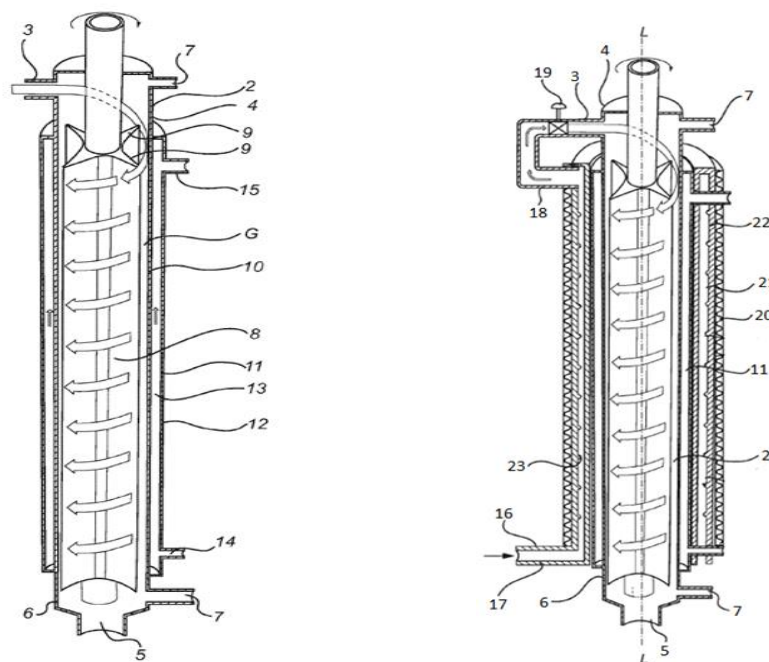
Рисунок 3.6-Схема випарного апарата

Апарат виконаний з можливістю зміни кута фіксації лопатей. Завдяки шарнірному закріпленню непарних лопатей, та жорсткому – парних досягається рівномірність формування плівки заданої товщини. формування плівки заданої товщини, що позитивно впливає на інтенсивність упарювання.

Недоліком даного апарата є наявність значної кількості рухомих елементів, які ускладнюють виготовлення, підвищують вартість апарату та ускладнюють подальше обслуговування.

Корисна модель [8] належить до теплообмінних апаратів з висхідною плівкою і може бути використана в харчовій, хімічній, нафтопереробній промисловості.

Випарний апарат (Рисунок 3.7) містить барабан що включає патрубки для входу продукту зверху та виходу з протилежного боку, патрубок виходу пару.



1–випарний апарат; 2–барабан; 3–впускний отвір; 4–перша частина барабана; 5–випускний отвір; 6–друга частина барабану; 7–випуск пара; 8–мішалка; 9–лопаті; 10–труба; 11,12–оболонь.

Рисунок 3.7-Схема випарного апарата з висхідною плівкою

Барабан оточує оболонь, що додатково підігріває розчин, або ж в другому варіанті виконання труба подачі розчину знаходиться в середині оболоні, тобто розчин перед надходженням в барабан підігрівається, за рахунок чого покращується природня циркуляція розчину. Розчин в барабан подається тангенційно, це сприяє рівномірному контакту, розподіленню його по стінках апарату та підвищує ефективність теплопередачі.

В середині барабану відбувається випаровування більш леткої рідини. Випаровування відбувається за рахунок контакту розчину з нагрітими стінками барабану. Для підвищення ефективності в апараті встановлений перемішуючий пристрій.

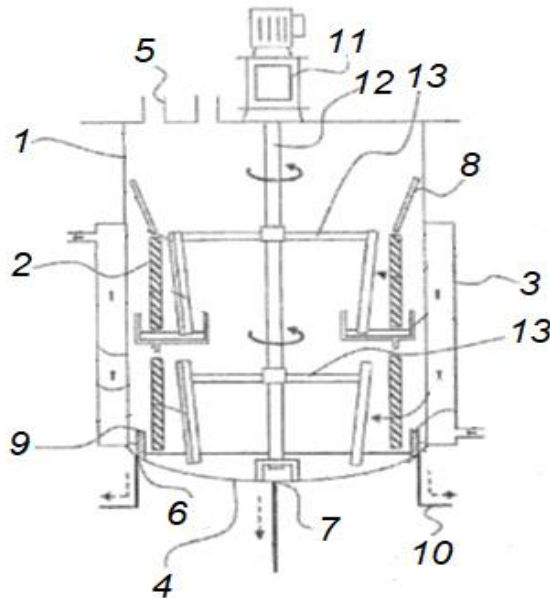
Перевагами даного виконання є незначні габарити в порівнянні з аналогами, можливість випаровування рідин з більш високою в'язкістю, за рахунок наявності перемішуючого пристрою. Час перебування розчину в барабані низький, що важливо при випаровуванні термолабільних розчинів.

Недоліками є вузька спеціалізація даних апаратів, складність конструкції, наявність рухомих елементів, складність в очищенні. Для утворення плівки потребує постійних витрат розчину.

У патенті [9] наведено роторний випарний апарат з висхідною плівкою (Рисунок 3.8), використовується для концентрації хімічних сполук та відділення від них летких домішок, може бути використаний в харчовій та хімічній промисловості.

Випарний апарат містить корпус, джерела теплоти, зовнішню оболонь, що виконує функцію конденсатора, днище, патрубки для входу і виходу початкової сировини та концентрату, ротор, перемішуючі пластини, що застосовуються для утворення висхідної плівки, патрубки для виходу конденсату.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						22
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		



1—корпус; 2—джерела тепла; 3—конденсатор; 4—днище; 5—вхід сировини; 6—вихід домішок; 7—вихід концентрату; 8—пластина; 9—перегородка; 10—вихід конденсату; 11—привід; 12—вал; 13—перемішуючий пристрій.

Рисунок 3.8 – Схема випарного апарата

Дана конструкція добре підходить для випаровування в'язких розчинів, оскільки має перемішуючий пристрій.

Головним недоліком апарата є періодичність дії, задля вивантаження очищеного розчину потрібно зупиняти процес. Також до мінусів можна віднести наявність рухомих елементів, які потребують постійного обслуговування, та викликають вібрації.

Оскільки витрати вихідної суміші не є постійними, то при зниженні вмісту домішок не можливо буде утворити висхідну плівку, отже і очищення не буде повним.

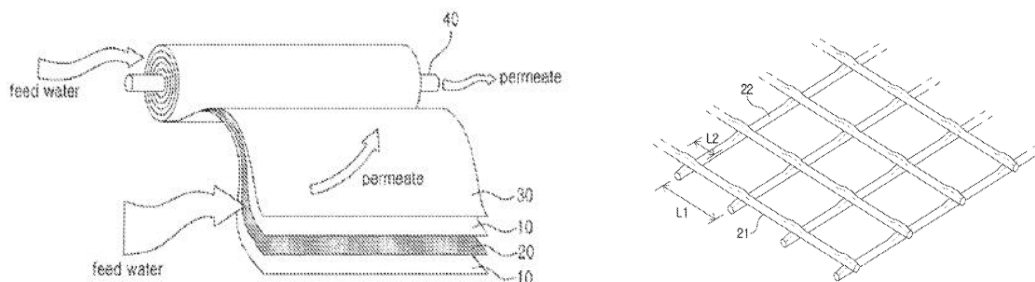
Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкцій апарата зворотного осмосу проведений патентний пошук.

Для докладного аналізу було обрано патенти [10 – 14].

Даний винахід [10] являє собою зворотноосмотичний фільтрувальний модуль, зокрема, який включає в себе вдосконалену прокладку подачі, яка має асиметричний діаметр у перетині, в якому перший набір ниток і другий набір ниток перетинається, тим самим зменшуючи диференціальний тиск,

збільшуючи площу поперечного перерізу траєкторії потоку, і пом'якшуючи концентраційну поляризацію, розвиваючи вихровий потік.

Модуль (рисунок 3.9) включає в себе мембрану зворотного осмосу 10, прокладку 20 для подачі, канал 30 для виходу пермеату та трубку 40, що має отвір (не показаний) для розміщення проникної рідини в поздовжньому напрямку. Конфігурація прокладки 20 для подачі відповідно до даного винаходу розроблена таким чином, що комплект 21 ниток та комплект 22 ниток мають асиметричний діаметр у перетині L2, в якому комплект 21 і 22 ниток перетинаються, і в результаті можна зменшити диференціальний тиск шляхом збільшення площі поперечного перерізу траєкторії потоку та пом'якшити опір концентраційної поляризації шляхом досягнення вихрового потоку.

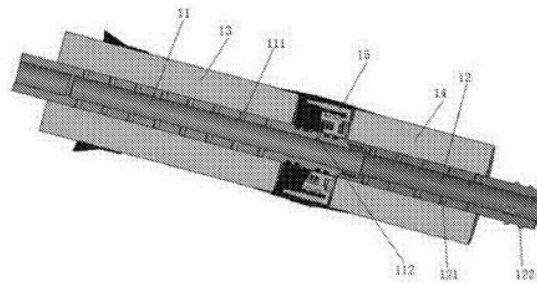


10 - мембрана зворотного осмосу, 20 - прокладка для подачі, 21 – перший набір ниток, 22 – другий набір ниток, 30 – канал виходу пермеату, 40 – трубка.

Рисунок 3.9 – Зворотноосмотичний модуль з зображенням вдосконаленого прокладки для подачі

Винахід [11] (рисунок 3.10) відноситься до мембранного фільтра зворотного осмосу, має регулюючий клапан, в якому корпус містить фільтр, розташований у корпусі циліндра, при цьому корпус картриджа містить колекторну трубу через циліндричний корпус. Вказана множина отворів для колекторів визначає набір водопровідних труб, що покриває поверхню першим комплектам труб зворотноосмотичної плівки, а друга плівка розташовується між першою плівкою та другою плівкою зворотного осмосу, що має регулюючий клапан. Регулюючий клапан і циліндр є герметичними, а колекторні труби співпрацюють. Відповідно винахід має високу ефективність

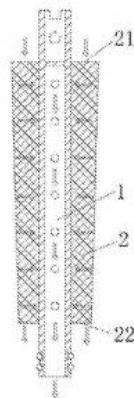
очищення.



11 – перша труба, 111,121 – колекторні отвори, 112, 12 – вентиляційні отвори, 122 – муфта, 13 – перша плівка ЗО, 14 – друга плівка ЗО, 15- регулюючий клапан.

Рисунок 3.10 – Зворотноосматичний мембранний картридж, що має регулюючий клапан

Винахід [12] (рисунок 3.11) допомагає стримувати швидкість потоку на обох кінцях, не допускає уповільнення швидкості потоку всередину виходу води, призводить до проходження чистої води через потік. У внутрішній частині мембранної плівки утворюється керований шар чистої води, що утворює направляючий шар води у сусідні шари плівки. Один кінець фільтра трубки - це вихідний отвір, інший кінець – вхідний отвір, в якому площа пропускання води несучого водяного шару більша, ніж площа пропускання води несучого водяного шару на виході з водяного отвору. Швидкість потоку води поступово зменшується вздовж осьового напрямку, тому чиста вода проходить через потік і навіть відбувається очищення від осадження неорганічних солей, іонів важких металів, що впливає на термін служби фільтрувального елемента зворотного осмосу. Крім того, це також гарантує, що тиск на вихідному кінці фільтра зворотного осмосу не зменшується значно по відношенню до вхідного краю, що забезпечує ефективність очищення води по всій довжині фільтра.



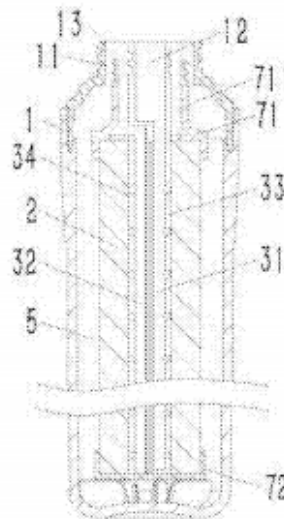
1 – центральна трубка, 2 плівка, 21 – вхідний отвір, 22 – вихідний отвір

Рисунок 3.11 – Зворотноосматичний модуль

Винахід [13] (рисунок 3.12) являє собою фільтр зворотного осмосу бічного потоку, який вирішує проблему того, що мембранний елемент не повністю використовується в попередньому рівні техніки, швидкість фільтрації є повільною, і фільтраційний ефект не є ідеальним

Технічне рішення для вирішення проблеми, включає встановлення каналу чистої води та концентрованого водяного проходу в центрі фільтра, а канали для чистої води та концентрований водний прохід відповідно з'єднані з входом для чистої води та входом концентрованої води. Мембранний елемент намотується навколо очищеного водного каналу, а фільтр зворотного осмосу утворюється за межами водяного проходу. Між сусідніми двома мембранними елементами утворюється спіраль-формлений центрально прохідний проточний водяний потік. Мембранний елемент розташований в кінці бічної стінки фільтра зворотного осмосу, щоб утворити подачу сирової води, з'єднану з каналом води. Від зовнішньої сторони фільтра зворотного осмосу та внутрішньої сторони зовнішнього корпусу утворюється камера для прийому сирової води.

Винахід основному використовується для очищеної води зворотного осмосу.

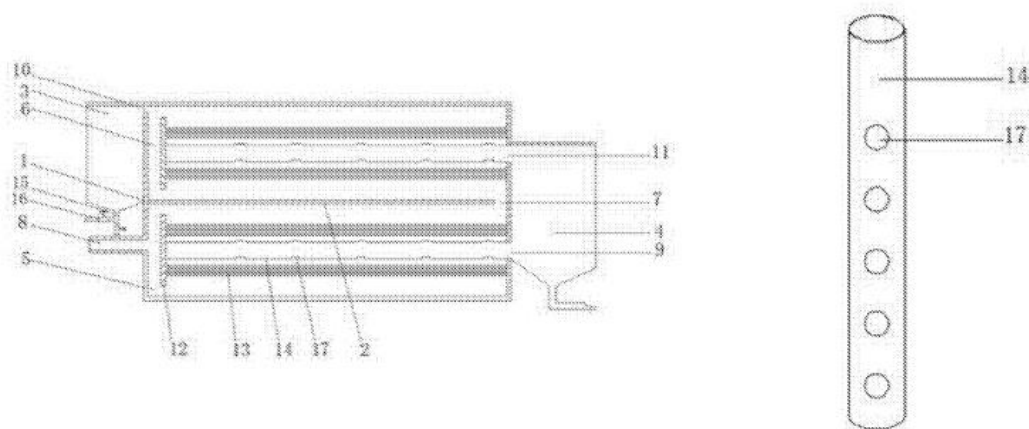


1 – корпус; 2 - мембранний елемент; 5 - камера подачі води; 211 – водний канал; 11 – вхід води; 12 – вихід води; 13 – вихід концентрованої води;
 31 – очищуючий водяний прохід; 32 – концентруючий водяний прохід;
 33 – перша центральна трубка; 34 – друга центральна трубка; 71 – верхня торцева кришка; 72 – нижня торцева кришка; 711 – регулятивна стінка.

Рисунок 3.12 – Зворотноосматичний модуль

У корисній моделі [14] (рисунок 3.13) розкритий мембранний фільтр зворотного осмосу, який складається з основного корпусу, в якому розподільна пластина розташована посередині, резервуар для зберігання води фіксується на ньому, а інший кінець основного корпусу фіксується з резервуаром з чистою водою. Внутрішня частина основного корпусу ділиться на перший фільтровий стовпчик і другий фільтровий стовпчик

Корисна модель має кращий фільтраційний ефект, що значно збільшує швидкість очищення очищеної води та уникає витрачання водних ресурсів.



1 – корпус, 2 – ізоляційна плита, 3 – резервуар для зберігання води,
 4 – резервуар для зберігання чистої води, 5 – перший стовпчик фільтра;
 6 – другий стовпчик фільтра; 7 – порт зв'язку; 9 – перша розетка;
 10 – розетка води; 11 – розетка; 12 – фіксована плита; 13 – мембрана
 зворотного осмосу; 14 – центральна трубка; 15 – рівнева "Т"-подібна трубка;
 16-кран; 17 – отвори для просочування води.

Рисунок 3.13 – Зворотноосматичний модуль

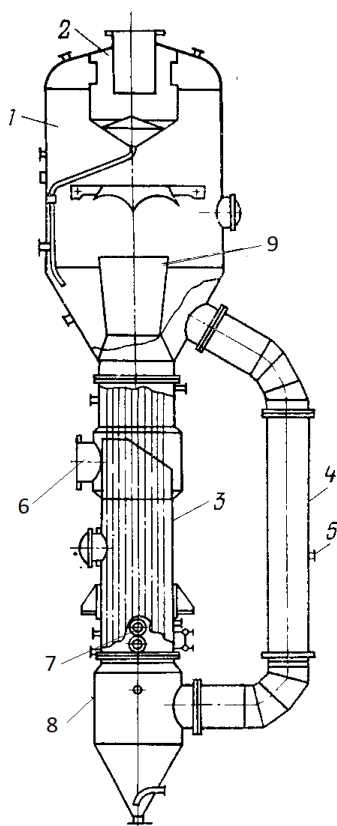
Висновок: В результаті проведених патентних досліджень встановлено, що розроблюваний випарний апарат та мембранний апарат основними характеристиками не поступається розглянутим аналогам і відповідає сучасному рівню розвитку техніки. Основна увага у сучасних моделях апаратів приділяється підвищенню ефективності, продуктивності роботи, зменшення їхньої матеріалоемності та габаритних розмірів.

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції випарного апарату

4.1.1 Визначення основних геометричних розмірів апарата

Мета розрахунку: підібрати необхідну поверхню теплообмінну і конструктивні розміри випарного апарата для заданих умов.

Розрахункова схема до параметричного розрахунку наведена на рисунку 4.1.



1 – сепаратор; 2 – краплевловлювач; 3 – камера; 4 – спускна циркуляційна труба; 5 – вхід початкового розчину; 6 – вхід гріючої пари; 7 – вихід конденсату; 8 – збірник твердого осадку; 9 – труба закипання.

Рисунок 4.1 – Схема випарного апарата

Вихідні дані:

Вихідна кількість розчину G_n , кг/с 4,5;

Початкова концентрація x_n , % (мас.) 3;

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
Змч	Днк	Но доквм	Підпи	Ла		29

Кінцева концентрація x_k , % (мас.) 40;
 Тиск гріючої пари p , МПа 0,15;
 Температура розчину, що подається до випарного апарату t_1 , К, (°C) 373 (100).

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [14].

З рівняння матеріального балансу знаходимо загальну кількість води випаруваної у установці:

$$W = G_n \cdot \left(1 - \frac{x_n}{x_k}\right) = 4,163 \text{ кг/с}$$

Розрахунок концентрацій випареного розчину в корпусі:

$$G_k = G_n - W = 0,337 \text{ кг/с}$$

Визначення температури кипіння розчину

$$t_n = t_{e.n} + \Delta''' = 39,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $t_{e.n} = 35,8 \text{ } ^\circ\text{C}$ - вторинний пар, що поступає в установку

$$\Delta''' = 1 \text{ град.} - \text{гідравлічна депресія}$$

Площа теплообміну

Для обрання висоти труби $H=l$ необхідно орієнтовно визначити площу поверхні теплопередачі випарного апарату $F_{op.}$, вибрати параметри апарату за ГОСТ 11987-81. Площа поверхні теплопередачі орієнтовно визначається за формулою:

$$F_{OB} = \frac{W \cdot r}{q} = 334,3 \text{ м}^2$$

де q – орієнтовне значення питомого теплового потоку для апаратів з природною циркуляцією, $q=30000 \text{ Вт/м}^2$.

Приймаємо за ГОСТ 11987-81 випарний апарат з площею поверхні теплопередачі $F=350 \text{ м}^2$, довжиною труб $H=6 \text{ м}$, діаметром труб $38 \times 2 \text{ мм}$.

Оптимальний рівень суміші в трубах:

$$h_{opt} = H \cdot \left[0.26 + 0.0014 \cdot (\rho_p - \rho_e)\right] = 2,753 \text{ м}$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δпк
						30
Змн	Дпк	Но докум	Підпи	Лп		

де $\rho_p = 1114 \text{ кг/м}^3$ - густина розчину при кипінні;

$\rho_{\text{в}} = 972 \text{ кг/м}^3$ - густина води при кипінні.

Збільшення тиску в середньому шарі суміші:

$$\Delta\rho_z = \rho_p \cdot g \cdot \frac{h_{\text{онм}}}{2} = 0,015 \text{ МПа}$$

Тиск в середньому шарі кип'ятильних труб:

$$\Delta\rho_{\text{ср}} = \rho_n + \Delta\rho_z = 0,062 + 0,02 = 0,077 \text{ МПа}$$

Гідростатична депресія дорівнює:

$$\Delta'' = t + t_n = 54,04 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температурна депресія:

$$\Delta' = 16,2 \cdot (273 + t)^2 \cdot \frac{\Delta_{\text{амм}}}{r_1} = 6,2 \cdot (273 + 93,64)^2 \cdot \frac{45}{2276,4 \cdot 10^3} = 43,05 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Температура кипіння речовини:

$$t_p = t_{\text{в.н}} + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' = 35,8 + 43,05 + 56,84 + 1 = 136,69 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Корисна різниця температур:

$$\Delta t_{\text{кор}} = T - t_p = 113,311 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Витрата гріючої пари:

$$G_{\text{з.н}} = \frac{W \cdot i + G_k \cdot c_k \cdot t_p - G_n \cdot c_n \cdot 60 \cdot 4}{0,95 \cdot r_{\text{з.н}}} = 4,158 \text{ кг/с}$$

Теплова навантаження гріючої пари:

$$Q = G_{\text{з.н}} \cdot r_{\text{з.н}} = 9,904 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

Число труб гріючої пари:

$$n = \frac{F_{\text{об}}}{\pi \cdot d \cdot L} = 501,84 \text{ шт.}$$

Ступінь стікання конденсату по зовнішній трубі:

$$\Gamma = \frac{G_{\text{з.н}}}{\pi \cdot d \cdot n} = 0,071 \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δнк
						31
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Критерій Рейднольдса для плівки конденсату:

$$Re_{nl} = \frac{L \cdot \Gamma}{\mu} = 2186$$

Приведена товщина плівки:

$$\delta_{np} = \frac{\mu^2}{\rho^2 \cdot g} = \frac{(0,1956 \cdot 10^{-3})^2}{942,4^2 \cdot 9,81} = 1,829 \cdot 10^{-5} \text{ м}$$

$$Re_{nl} > 400$$

Критерій Нусельта для плівки конденсату:

$$Nu_{nl} = \frac{Re_{nl}}{\left[\frac{6,25 \cdot (Re_{nl} - 400)}{Pr^{0,33}} + 1580 \right]} = 0,183$$

Коефіцієнт тепловіддачі від конденсуючого водяного пара до стінки труб:

$$\alpha_1 = Nu_{nl} \cdot \frac{\lambda_6}{\mu} = 634,319 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки труб до розчину:

$$\alpha_2 = \frac{780 \cdot \lambda_p^{1,3} \cdot \rho_{poz}^{0,5} \cdot \rho_n^{0,06}}{\sigma_p^{0,5} \cdot r_{cp}^{0,6} \cdot \rho_0^{0,66} \cdot c_k^{0,3} \cdot \mu_p^{0,3}} = 5,838 \cdot q^{0,4} \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\alpha_2 = 5,955 \cdot q^{0,4} = 310,5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K_1 = \frac{q_1}{\Delta t_{нол}} = 1375 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Площа поверхні теплообміну:

$$F_{мл} = \frac{Q}{\Delta t_{нол} \cdot K_1} = 662,125 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Приймаємо за випарний апарат з площею поверхні теплопередачі $F=710 \text{ м}^2$

Площа поверхні теплообміну вибраного випарного апарату $F_{мл}=710 \text{ м}^2$, що значно більше орієнтовно вибраної поверхні $F_{ОВ}=350 \text{ м}^2$. Але необхідності вносити корективи в розрахунок немає, оскільки висота труб залишилася незмінною.

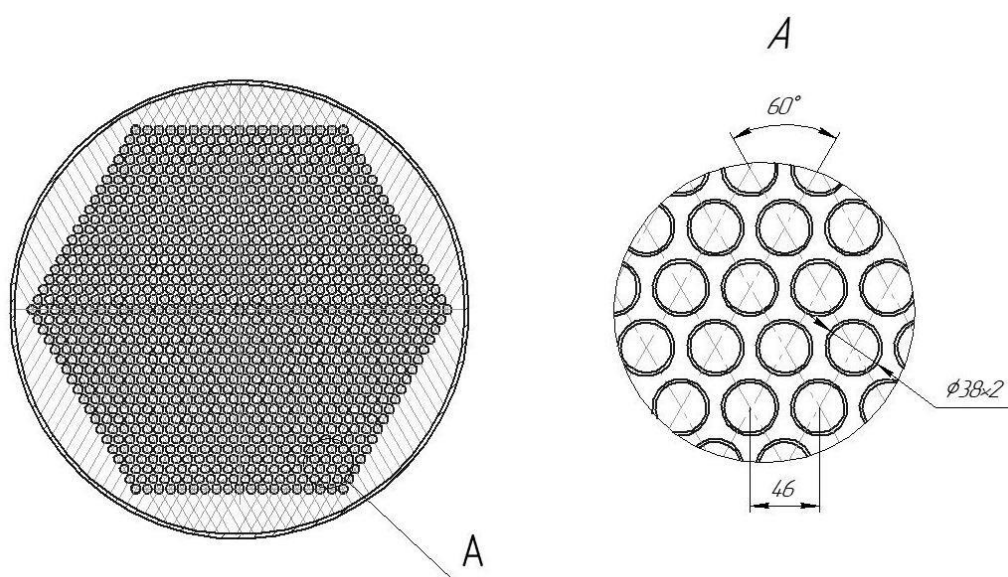
					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						32
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Лп		

Висновок: на основі проведених розрахунків визначено параметри випарного апарата.

4.1.2 Конструктивний розрахунок

Мета розрахунку: визначення параметрів розміщення труб в трубній решітці.

Розрахункова схема до конструктивного розрахунку наведена на



рисунку 5.3

Рисунок 4.2 – Схема до розрахунку конструкції трубної решітки

Вихідні дані:

площа поверхні теплообміну F , м ²	710;
діаметр труби d_z , м	0,038;
довжина труб l , м	6;

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [15].

Кількість труб та їх розміщення:

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d_z \cdot l} = \frac{710}{3,14 \cdot 0,038 \cdot 6} = 992 \text{ шт.},$$

Для розміщення пучка труб по вершинам шестикутників, зв'язок між

загальною кількістю труб n , кількістю труб на діагоналі b і на стороні a найбільшого шестикутника виражається наступним співвідношенням:

$$n = 3a(a-1) + 1,$$

$$a = 19,$$

$$b = 2a - 1 = 2 \cdot 19 - 1 = 37$$

Крок:

$$t = 1,2 \cdot d_3 = 1,2 \cdot 0,038 = 0,046 \text{ м.}$$

Внутрішній діаметр корпусу апарата:

$$D_o = t(b-1) + 4d_3 = 0,046(37-1) + 4 \cdot 0,038 = 1,794 \text{ м.}$$

Висновок: на основі проведених розрахунків приймаємо діаметр корпусу 1,8 м., кількість труб на головній діагоналі 37 шт., на стороні шестикутника 19 шт., крок – 46 мм.

4.1.3 Розрахунок штуцерів

Мета розрахунку: визначення розмірів штуцерів, в залежності від швидкості руху теплоносіїв та їх масових витрат.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.4.

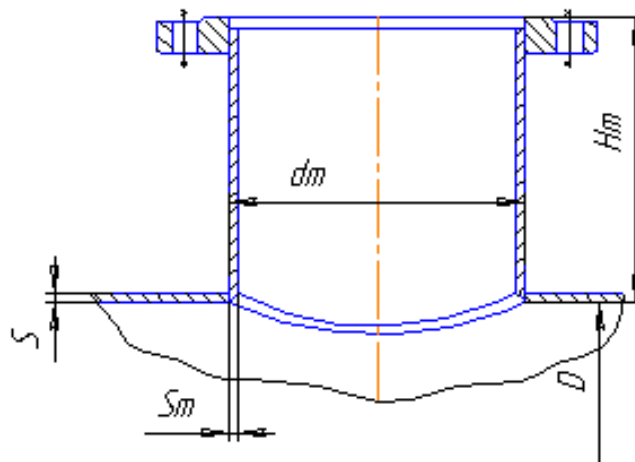


Рисунок 4.3 – Розрахунок штуцерів

Вихідні дані:

витрати гріючої пари $G_{г.п.}$, кг/с	4,158;
вхідна кількість розчину $G_{п.}$, кг/с	4,555;
вихідна кількість розчину $G_{унр.}$, кг/с	0,216;
кількість вторинної пари W , кг/с	4,284;
кількість конденсату $G_{к.}$, кг/с	4,158;

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [14].

Згідно рекомендацій наведених [14] приймаємо рекомендовану швидкість руху розчину на вході $\omega_{п.}=0,7$ м/с, гріючої пари $\omega_{г.п.}=20$ м/с, вторинної пари $\omega_{в.т.}=18$ м/с, конденсату $\omega_{к.}=0,6$ м/с, упареного розчину $\omega_{унр.}=1$ м/с

Вхід розчину:

$$d_p = \sqrt{\frac{4 G_n}{\pi \cdot \rho_p \cdot \omega_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,555}{3,14 \cdot 1040,29 \cdot 0,7}} = 0,089 \text{ м.}$$

Приймаємо:

$$d_3 = 0,133 \text{ м, } d_{вн} = 0,121 \text{ м.}$$

Дійсна швидкість:

$$\omega_p = \frac{4 G_n}{\pi \cdot \rho_p \cdot d_{вн}^2} = \frac{4 \cdot 4,555}{3,14 \cdot 1040,29 \cdot 0,121^2} = 0,697 \text{ м.}$$

Вихід розчину:

$$d_{унр} = \sqrt{\frac{4 G_{унр}}{\pi \cdot \rho_{унр} \cdot \omega_{унр}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,216}{3,14 \cdot 915,91}} = 0,096 \text{ м.}$$

Приймаємо:

$$d_3 = 0,108 \text{ м, } d_{вн} = 0,098 \text{ м.}$$

Дійсна швидкість:

$$\omega_{унр} = \frac{4 G_{унр}}{\pi \cdot \rho_{унр} \cdot d_{вн}^2} = \frac{4 \cdot 0,216}{3,14 \cdot 915,9 \cdot 0,098^2} = 1,062 \text{ м.}$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δпк
						35
Змч	Дпк	Но докум	Підпи	Лп		

Вхід гріючої пари:

$$d_{\text{г.п.}} = \sqrt{\frac{4 G_{\text{г.п.}}}{\pi \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot \omega_{\text{г.п.}}}} = \sqrt{\frac{44,158}{3,14 \cdot 2,621 \cdot 20}} = 0,224 \text{ м.}$$

Приймаємо:

$$d_3 = 0,219 \text{ м, } d_{\text{вн}} = 0,207 \text{ м.}$$

Дійсна швидкість:

$$\omega_{\text{г.п.}} = \frac{4 G_{\text{г.п.}}}{\pi \cdot \rho_{\text{г.п.}} \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{44,158}{3,14 \cdot 2,621 \cdot 0,207^2} = 23,525 \text{ м.}$$

Вихід конденсату:

$$d_{\kappa} = \sqrt{\frac{4 G_{\kappa}}{\pi \cdot \rho_{\kappa} \cdot \omega_{\kappa}}} = \sqrt{\frac{44,158}{3,14 \cdot 1073,11 \cdot 0,6}} = 0,064 \text{ м.}$$

Приймаємо:

$$d_3 = 0,057 \text{ м, } d_{\text{вн}} = 0,049 \text{ м.}$$

Дійсна швидкість:

$$\omega_{\kappa} = \frac{4 G_{\kappa}}{\pi \cdot \rho_{\kappa} \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{44,158}{3,14 \cdot 1073,11 \cdot 0,049^2} = 0,947 \text{ м.}$$

Вихід вторинної пари, м:

$$d_{\text{вт}} = \sqrt{\frac{4 W}{\pi \cdot \rho_{\text{вт}} \cdot \omega_{\text{вт}}}} = \sqrt{\frac{44,284}{3,14 \cdot 2,621 \cdot 18}} = 0,219 \text{ м.}$$

Приймаємо:

$$d_3 = 0,219 \text{ м, } d_{\text{вн}} = 0,207 \text{ м.}$$

Дійсна швидкість, м/с:

$$\omega_{\text{вт}} = \frac{4 G_{\text{вт}}}{\pi \cdot \rho_{\text{вт}} \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{44,284}{3,14 \cdot 2,621 \cdot 0,207^2} = 20,217 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартний штуцер для входу розчину за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м 0,125;

зовнішній діаметр патрубку, d_T , м 0,133;

товщина стінки патрубку, S_T , м 0,006;

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δнк
						36
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

висота штуцера, H_T , м 0,155.

Приймаємо стандартний штуцер для виходу розчину за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м 0,1;

зовнішній діаметр патрубку, d_T , м 0,108;

товщина стінки патрубку, S_T , м 0,005;

висота штуцера, H_T , м 0,155;

Приймаємо стандартний штуцер для входу гріючої та виходу вторинної гріючої пари за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м 0,2;

зовнішній діаметр патрубку, d_T , м 0,219;

товщина стінки патрубку, S_T , м 0,006;

висота штуцера, H_T , м 0,16;

Приймаємо стандартний штуцер для виходу конденсату за ОСТ 26-1403-76:

умовний діаметр, D_y , м 0,05;

зовнішній діаметр патрубку, d_T , м 0,057;

товщина стінки патрубку, S_T , м 0,004;

висота штуцера, H_T , м 0,155;

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначені діаметри патрубків штуцерів і визначені дійсні швидкості руху теплоносіїв.

4.1.4 Розрахунок товщини циліндричної обичайки навантаженої внутрішнім тиском

Метою розрахунку є визначення товщини стінки обичайки, що знаходиться під дією внутрішнього тиску, із урахуванням додатків на корозію та перевірка її на міцність. Розрахункова схема наведена на рисунку 5.5.

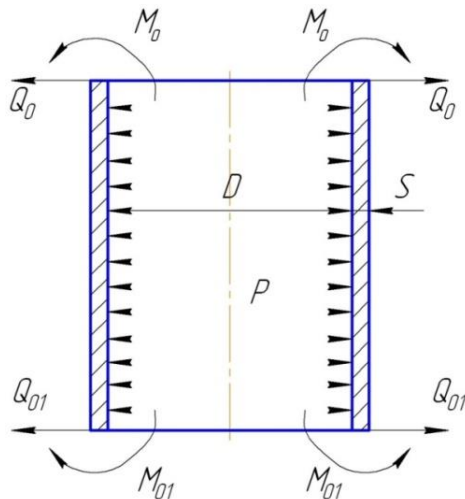


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема циліндричної обичайки, навантаженої внутрішнім тиском

Вихідні дані:

розрахункова температура у міжтрубному просторі t_k , °C, 151,1;
 тиск, у міжтрубному просторі p_{MT} , МПа 0,6;
 діаметр D_3 , м 1,8;
 матеріал Сталь 12X18H10T.

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [16].

Для сталі марки 12X18H10T за розрахункової температури $t=151,1^\circ\text{C}$ допустиме напруження [16]:

$$[\sigma] = 167,84 \text{ МПа}.$$

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва ϕ_p .

$$\phi_p = 0,9$$

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки $S_{R,M}$.

$$S_R = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p - p} = \frac{0,6 \cdot 1,8}{2 \cdot 167,84 \cdot 0,9 - 0,5} = 2,984 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії C_1 :

$$c_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δпк
						38
Змн	Δпк	№ доквм	Підпи	Ла		

наближенні:

$$S = S_R + c_1 = (2,984 + 4) \cdot 10^{-3} = 6,984 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску c_2 :

$$c_2 = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Граничне відхилення по товщині прокату листового прокату залежно від товщини приймається за [15].

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 :

$$c_3 = 0.$$

Сума додатків:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = (4 + 0,8 + 0) \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки S :

$$S = S_R + c = (2,984 + 4,8) \cdot 10^{-3} = 7,784 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск $[p]$:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot [167,84] \cdot 0,9 \cdot (8 - 4,8)}{1800 + 8 - 4,8} = 0,536 \text{ МПа.}$$

Перевірка умови міцності

$$p \leq [p], \quad 0,5 \text{ МПа} \leq 0,536 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,008 м обичайки забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

Висновок: умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,008 м обичайки забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						39
Змч	Днк	Но доквм	Підпи	Ла		

4.1.5 Розрахунок товщини циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском

Метою розрахунку є визначення товщини стінки обичайки, що знаходиться під дією зовнішнього тиску.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.6.

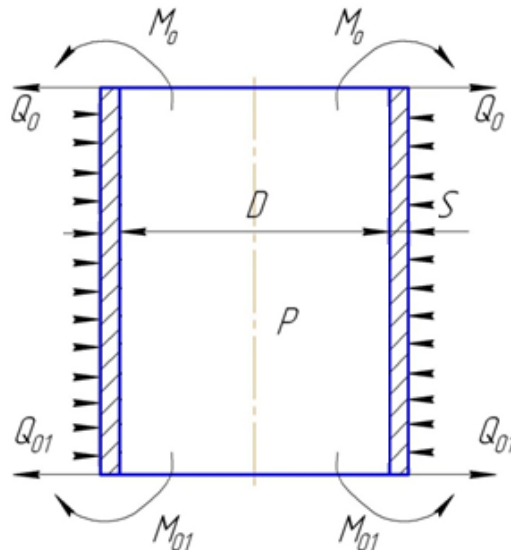


Рисунок 4.5 – Розрахункова схема циліндричної обичайки, навантаженої зовнішнім тиском

Вихідні дані:

діаметр D , м	1,8;
висота H , м	2,5;
тиск p_R , МПа	0,1;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	167,84;

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [16].

Визначення допоміжних коефіцієнтів:

$$K_1 = \frac{n_y \cdot P}{2,410^{-6} \cdot E} = 0,321,$$

де $n_y = 1,5$ - коефіцієнт запасу міцності, $E = 1,95$ - модуль пружності.

$$K_3 = \frac{H}{D} = 1,389.$$

Відповідно до номограми наведеної [14, с. 8], визначаємо K_2 :

$$K_2 = 0,3.$$

Товщина стінки:

$$S_p = \max \left\{ K_2 \cdot 10^{-2}; \frac{1,1 \cdot p \cdot D}{2 \cdot [\sigma]} \right\} = 0,0054 \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії c_1 :

$$c_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні S :

$$S = S_R + c_1 = 9,4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску c_2 :

$$c_2 = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 :

$$c_3 = 0 \text{ м.}$$

Сума додатків розрахункової товщини c :

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки S :

$$S = S_R + c = 10,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 12 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$

Допустимий тиск із умови міцності

$$[P]_{II} = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{D + S - c} = 1,337 \text{ МПа.}$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						41
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Допустимий тиск з умови стійкості в межах пружності

$$[P]_E = \frac{20,8 \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot L} \left(\frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right)^{2,5} = 0,197 \text{ МПа.}$$

де $L = H$ - приведена довжина, визначено з літератури [13, с. 14].

$$B_1 = \min \left\{ 1; 9,45 \cdot \frac{D}{L} \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S - c)}} \right\} = 1$$

Допустимий зовнішній тиск:

$$[P] = \frac{[P]_{II}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_{II}}{[P]_E} \right)^2}} = 0,195 \text{ МПа.}$$

Умова міцності та стійкості:

$$[P] \geq P,$$

$$0,195 \text{ МПа} \geq 0,1 \text{ МПа.}$$

Висновок: попередньо прийнята товщина стінки не забезпечує міцність та стійкість конструкції, орієнтуючись на розрахунок під дією зовнішнього тиску товщину обичайки приймаємо 12 мм. До методики розрахунку було створено відповідну програму автоматизованого розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки під дією зовнішнього тиску, складено блок – схему, таблицю ідентифікаторів, зазначені результати програмного розрахунку (таблиця Б).

4.1.6 Розрахунок еліптичного днища

Метою розрахунку є визначення товщини стінки еліптичної кришки і перевірка її на міцність.

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.7.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						42
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

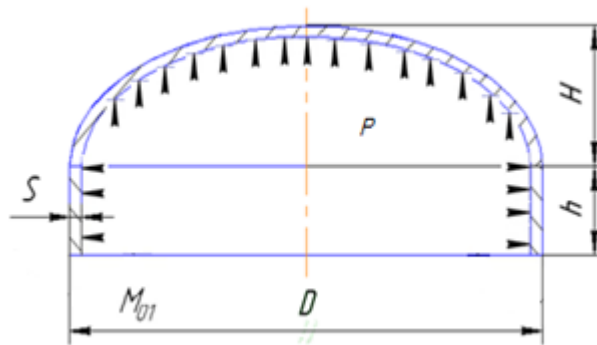


Рисунок 4.6 – Схема до розрахунку еліптичного днища

Вихідні дані:

діаметр апарата D , м 4;
 тиск p_R , МПа 0,6;
 допустиме напруження $[\sigma]$, МПа 167,84.

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [17].

Внутрішній радіус кривизни у вершині днища R_e :

$$R_e = \frac{D^2}{4 \cdot h_b} = \frac{4^2}{4 \cdot 1} = 4 \text{ м},$$

де

$$h_b = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ м}.$$

Допустиме напруження матеріалу кришки за розрахункової температури $[\sigma]$, за розрахункової температури $t=151,5^\circ$ [14].

$$[\sigma] = 167,84 \text{ МПа}.$$

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва ϕ_p .

$$\phi_p = 0,9.$$

Розрахункова товщина стінки днища S_R .

$$S_R = \frac{p \cdot R_e}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p - p} = \frac{0,6 \cdot 4}{2 \cdot 167,84 \cdot 0,9 - 0,5} = 6,626 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії c_1 :

$$c_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Виконавча товщина стінки кришки у першому наближенні:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δнк
						43
Змн	Δнк	№ док.ум	Підпис	Лп		

$$S = S_R + c_1 = (6,626 + 4) \cdot 10^{-3} = 10,626 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску c_2 :

$$c_2 = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 :

$$c_3 = 0.$$

Сума додатків розрахункової товщини c :

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = (4 + 0,8 + 0) \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки днища:

$$S = S_R + c = (6,626 + 4,8) \cdot 10^{-3} = 11,426 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 0,012 \text{ м.}$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{R_e + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot 168,74 \cdot 0,9 \cdot (12 - 4,8) \cdot 10^{-3}}{4 + 0,5 \cdot (12 - 4,8) \cdot 10^{-3}} = 0,543 \text{ МПа.}$$

17. Перевірка умови міцності

$$[p] \geq p,$$

$$0,543 \text{ МПа} \geq 0,5 \text{ МПа}.$$

Висновок: умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,012 м забезпечує міцність кришки апарата в умовах робочих навантажень.

4.1.7 Розрахунок кінцевого днища

Метою розрахунку є визначення товщини стінки кінцевого днища і перевірка його на міцність.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						44
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.8.

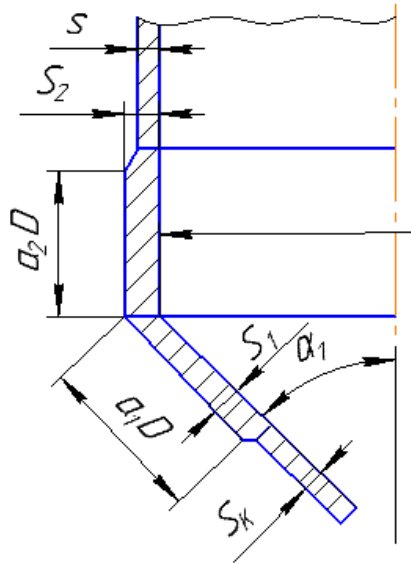


Рисунок 4.7 – Схема до розрахунку конічного днища

Вихідні дані:

діаметр апарата D , м	1,8;
тиск p_R , МПа	0,6;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	167,84.
товщина стінки S , мм	16;
діаметр отвору d , мм	108;
додаток до розрахункової довжини c , мм	4,8.

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [16].

Розрахунок довжини перехідних частин:

$$a_1 = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{D}{\cos \alpha_1} \cdot (S - c)} = 0,7 \cdot \sqrt{\frac{1,8}{\cos 60^\circ} \cdot (0,016 - 0,0048)} = 0,141 \text{ м.}$$

Розрахунок діаметру гладкої конічної обичайки:

$$D_K = D - 2 \cdot [d \cdot (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) + 0,7 \cdot a_1 \cdot \sin \alpha_1] =$$

$$= 0,6 - 2 \cdot [0,108 \cdot (\cos 0^\circ - \cos 60^\circ) + 0,7 \cdot 0,141 \cdot \sin 60^\circ] = 1,522 \text{ м.}$$

Розрахунок товщини стінки;

$$S_{KR} = \frac{P \cdot D_K}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} \cdot \frac{1}{\cos \alpha_1} = \frac{0,5 \cdot 1,522}{2 \cdot 167,84 \cdot 0,9 - 0,5} \cdot \frac{1}{\cos 60^\circ} = 5,045 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії c_1 :

$$c_1 = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки у першому наближенні:

$$S_K = S_{KR} + c_1 = (5,045 + 4) \cdot 10^{-3} = 9,045 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску c_2 :

$$c_2 = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 :

$$c_3 = 0.$$

Сума додатків розрахункової товщини c :

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = (4 + 0,8 + 0) \cdot 10^{-3} = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Дійсна товщина стінки днища:

$$S = S_R + c = (5,045 + 4,8) \cdot 10^{-3} = 9,845 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо $S = 0,01 \text{ м.}$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{\frac{D}{\cos \alpha_1} + S - C} = \frac{2 \cdot 167,84 \cdot 0,9 \cdot (10 - 4,8) \cdot 10^{-3}}{\frac{1,8}{\cos 60^\circ} + (10 - 4,8) \cdot 10^{-3}} = 0,515 \text{ МПа}$$

Перевірка умови міцності

$$[p] \geq p$$

$$0,515 \text{ МПа} \geq 0,5 \text{ МПа}$$

Висновок: Таким чином, умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,01 м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень

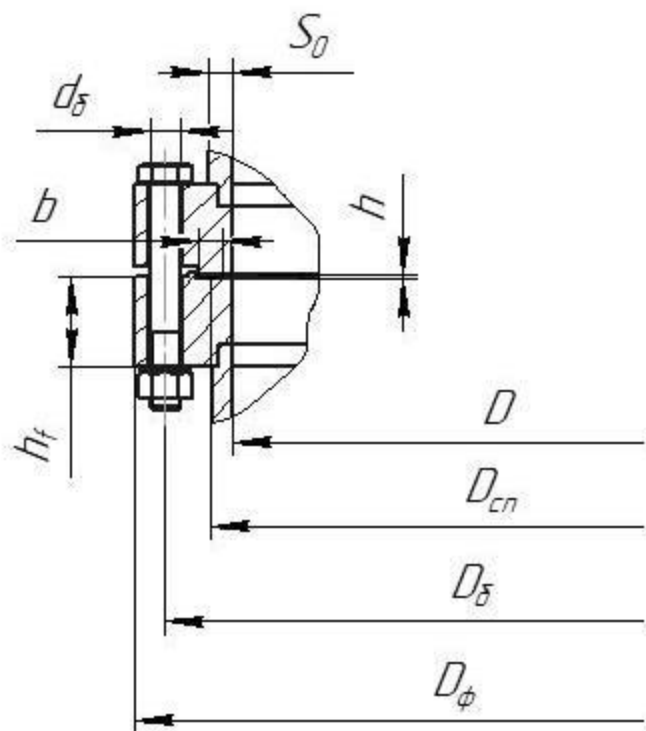
4.1.8 Розрахунок фланцевого з'єднання

Мета розрахунку: розрахувати фланцеве з'єднання, що складається з двох

плоских приварних фланців, зробити перевірку міцності прокладки та

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						46
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Лп		

болтів, а також перевірити на міцність та герметичність фланцеве з'єднання.



Розрахункова схема фланцевого з'єднання показана на рисунку 5.9.

Рисунок 4.8 – Розрахункова схема фланцевого з'єднання

Вихідні дані:

внутрішній тиск P , МПа	0,6;
температура середовища t , °C	151,1;
внутрішній діаметр фланцевого з'єднання D , м	1,8;
товщина стінки апарату S_0 , м	0,016;
товщина прокладки h , м	0,002;
ширина прокладки b , м	0,02.

Розрахунок здійснено за методикою, наведеною у літературі [18].

Розрахунок допоміжних величин.

Відношення більшої товщини втулки до меншої приймаємо $\beta=1$.

Середній діаметр прокладки:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{п}} - b = 1,848 - 0,02 = 1,828 \text{ м,}$$

де $D_{\text{п}}$ – зовнішній діаметр прокладки, $D_{\text{п}} = 1,848 \text{ м;}$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δнк
Змч	Δнк	№ док.ум	Підпи	Ла		47

b – ширина прокладки за таблицею 2 [16], $b = 0,02$ м.

Ефективна ширина прокладки:

при $b > 0,015$ м $b_E = 0,06 \cdot \sqrt{b} = 0,06 \cdot \sqrt{0,02} = 8,485 \cdot 10^{-3}$ м.

Конструктивний коефіцієнт для фланців:

$$K_\phi = \frac{D_\phi}{D} = \frac{1,93}{1,8} = 1,072,$$

де D_ϕ – зовнішній діаметр фланця.

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{0,06}{\sqrt{1,8 \cdot 0,016}} = 0,354 \text{ м},$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{0,06}{\sqrt{1,8 \cdot 0,016}} = 0,354 \text{ м},$$

де $h_{\phi 1}$ та $h_{\phi 2}$ – висота першого та другого фланців, $h_{\phi 1} = h_{\phi 2} = 0,06$ м.

Поправковий коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \lg(K_\phi) = 1,28 \lg(1,072) = 0,039 \text{ м},$$

$$\psi_{2\phi} = \frac{K_\phi + 1}{K_\phi - 1} = \frac{1,072 + 1}{1,072 - 1} = 28,692 \text{ м}.$$

Поправковий коефіцієнт для перерізу S_0 приймаємо $\psi_3 = 1$.

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_0} = \frac{0,06}{0,016} = 3,75,$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_0} = \frac{0,06}{0,016} = 3,75.$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_\phi = \frac{K_\phi^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \log(K_\phi)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_\phi^2) \cdot (K_\phi - 1)} = \frac{1,072^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \log(1,072)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,072^2) \cdot (1,072 - 1)} = 1,885.$$

Безрозмірні параметри фланців:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						48
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

$$\omega_{\phi 1} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 1}^2)]^{-1} =$$

$$= [1 + 0,9 \cdot 0,354 \cdot (1 + 0,039 \cdot 3,75^2)]^{-1} = 0,67,$$

$$\omega_{\phi 2} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 2}^2)]^{-1} =$$

$$[1 + 0,9 \cdot 0,354 \cdot (1 + 0,039 \cdot 3,75^2)]^{-1} = 0,67.$$

Кутова піддатливість фланців:

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 \cdot E_{\phi 1}^t} = \frac{[1 - 0,67 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,354)] \cdot 28,692}{0,06^3 \cdot 1,95 \cdot 10^5} = 0,079 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}^2},$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi 2}^t} = \frac{[1 - 0,67 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,354)] \cdot 28,692}{0,06^3 \cdot 1,95 \cdot 10^5} = 0,079 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}^2},$$

де $E_{\phi 1}^t$ та $E_{\phi 2}^t$ – модулі пружності матеріалу фланців, $E_{\phi 1}^t = E_{\phi 2}^t = 1,95 \cdot 10^5$ МПа.

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання:

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 \cdot d_B = 0,06 + 0,06 + 0,002 + 0,28 \cdot 0,02 = 0,128 \text{ м},$$

де d_B – діаметр болта, $d_B = 0,02$ м.

Лінійна піддатливість неметалевої прокладки:

$$y_{\Pi} = \frac{h}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b \cdot E_n} = \frac{0,002}{3,141,828 \cdot 0,02 \cdot 195} = 8,935 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{НМ}},$$

де E_n – модуль пружності прокладки, $E_n = 195$ МПа.

Площа поперечного перерізу болта:

$$f_B = 0,785 \cdot d_o^2 = 0,785 \cdot 0,023^2 = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2,$$

де d_o – діаметр отвору, $d_o = 0,023$ м.

Лінійна піддатливість болтів:

$$y_B = \frac{L_B}{E_B^t \cdot f_B \cdot z_B} = \frac{0,128}{1,92 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 68} = 4,159 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{МН}},$$

де E_B^t – модуль пружності болта, $E_B^t = 1,92 \cdot 10^5$ МПа;

z_B – кількість болтів у фланцевому з'єднанні, $z_B = 68$.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						49
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання:

$$A_{\phi} = [y_{\Pi} + y_B + 0,25 \cdot (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сп}})^2]^{-1} =$$

$$= [8,935 \cdot 10^{-5} + 4,159 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,079 + 0,079) \cdot (1,89 - 1,828)^2]^{-1} =$$

$$= 5865 \text{ м/МН.}$$

Параметри жорсткості фланців:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,079 \cdot (1,89 - 1,8 - 0,016) = 0,0058 \text{ 1/МН,}$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,079 \cdot (1,89 - 1,8 - 0,016) = 0,0058 \text{ 1/МН.}$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} \cdot y_B = 5865 \cdot 4,159 \cdot 10^{-5} = 0,147.$$

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \cdot [y_B + 0,25 \cdot (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сп}})] = 5865 \cdot [4,159 \cdot 10^{-5} +$$

$$0,25 \cdot (0,0058 + 0,0058) \cdot (1,89 - 1,828)] = 0,789,$$

де D_B – діаметр болтового кола, $D_B = 1,89 \text{ м.}$

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

$$t_6 = t_{\phi} \cdot 0,97 = 146,47^{\circ}\text{C}$$

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$Q_d = 0,785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot p = 0,785 \cdot 1,828^2 \cdot 0,6 = 1,312 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки у робочих умовах:

$$R_n = 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot t \cdot p = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,828 \cdot 8,485 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 0,6 =$$

$$0,122 \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання:

$$Q_{\phi} = \gamma \cdot z_B \cdot f_B \cdot E_B^I \cdot (a_{\phi}^I \cdot t_{\phi} - a_B^I \cdot t_B) =$$

$$= 0,147 \cdot 68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,95 \cdot 10^5 \cdot (1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 151,1 - 12,2 \cdot 10^{-6} \cdot 143,55) = 0,368 \text{ МН}$$

Монтажне болтове навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку:

$$P'_{B1} = \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot q = 3,14 \cdot 1,828 \cdot 8,485 \cdot 10^{-3} \cdot 20 = 0,975 \text{ МН,}$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						50
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

$$P_{B1}'' = \alpha_{\phi} \cdot (Q_{\partial} + P) + R_n + \frac{4M}{D_{cn}} = 0,789 \cdot (1,312 + 0) + 0,122 + \frac{40}{1,828} = 1,156 \text{ МН.}$$

$$P_{B1}''' = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot Z_B \cdot f_B = 0,4 \cdot 130 \cdot 68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} = 0,831 \text{ МН.}$$

Розрахункове навантаження на болти $p \leq 0,6$ МПа, тому:

$$P_{B1} = \max\{P_{B1}'; P_{B1}''; P_{B1}'''\} = \max\{0,975; 1,156; 0,831\} = 1,156 \text{ МН.}$$

Умова міцності прокладки:

$$\frac{P_{B1}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b} = \frac{1,156}{3,141,828 \cdot 0,02} = 10,07 \leq [q] = 130 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов:

$$P_{B2} = P_{B1} + (1 - \alpha_{\phi}) \cdot (Q_{\partial} + P) + Q_{t\phi} = \\ = 1,156 + (1 - 0,789) \cdot (1,312 + 0) + 0,368 = 1,802 \text{ МН.}$$

Розрахункове навантаження на болти:

$$P_{B\phi} = \max\{P_{B1}; P_{B2}\} = \{1,156; 1,802\} = 1,802 \text{ МН.}$$

Напруження в болтах за умов монтажу:

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{B1}}{z_B \cdot f_B} = \frac{1,156}{68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 72,35 \text{ МПа.}$$

Напруження розтягування в болтах за робочих умов:

$$\sigma_B^t = \frac{P_{B2}}{z_B \cdot f_B} = \frac{1,802}{68 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 112,74 \text{ МПа.}$$

Скручуючий момент, що виникає від розтягування гайок:

$$M_{скр} = f_1 \cdot \frac{P_{B\phi}}{z_B} \cdot d_B = 0,1_1 \cdot \frac{1,802}{68} \cdot 0,02 = 5,299 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Дотичне напруження в болтах:

$$\tau_B = \frac{M_{скр}}{0,2 \cdot d_o^3} = \frac{5,299 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,023^3} = 21,776 \text{ МПа.}$$

Еквівалентні напруження в болтах:

$$\sigma_B^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3 \cdot \tau_B^2} = \sqrt{72,345^2 + 3 \cdot 21,776^2} = 81,595 \text{ МПа,}$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						51
Змч	Днк	Но доквм	Підпи	Лп		

$$\sigma_B^t = \sqrt{(\sigma_B^t)^2 + 3 \cdot \tau_B^2} = \sqrt{112,742^2 + 3 \cdot 21,776^2} = 118,883 \text{ МПа.}$$

Умови міцності болтів:

$$\sigma_B^{20} = 81,595 \text{ МПа} \leq [\sigma_B]^{20} = 130 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_B^t = 118,883 \text{ МПа} \leq [\sigma_B]^t = 123,39 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконуються.

Розрахунок фланців на міцність

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланців за умов монтажу:

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot P_{B\phi} \cdot (D_B - D_{cn}) = 0,5 \cdot 1,156 \cdot (1,89 - 1,828) = 0,036 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов:

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [P_{B2} \cdot (D_B - D_{cn}) + Q_o \cdot (D_{cn} - D - S_o)] \cdot \frac{[\sigma_\phi]^{20}}{[\sigma_\phi]^t} =$$

$$= 0,5 \cdot [1,802 \cdot (1,89 - 1,828) + 1,312 \cdot (1,828 - 1,8 - 0,016)] \cdot \frac{184}{167,84} = 0,07 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця:

$$M_{0\phi} = \max\{0,036; 0,07\} = \{0,015; 0,024\} = 0,07 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Максимальні напруження в перерізі S_o фланців від дії вигинаючого моменту $M_{0\phi}$:

$$\sigma_{0\phi 1} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 1}}{D^* \cdot (S_o - c)^2} = 1 \cdot \frac{1,885 \cdot 0,07 \cdot 0,67}{1,8 \cdot (0,016 - 0,0048)^2} = 358,243 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{0\phi 2} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 2}}{D^* \cdot (S_o - c)^2} = 1 \cdot \frac{1,885 \cdot 0,07 \cdot 0,67}{1,8 \cdot (0,016 - 0,0048)^2} = 358,243 \text{ МПа,}$$

де $D^* = D = 1,8 \text{ м}$, якщо $D = 1,8 \geq 20 \cdot S_o = 20 \cdot 0,016 = 0,32 \text{ м}$.

Максимальні кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту $M_{0\phi}$:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						52
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

$$\sigma_{\kappa\phi 1} = \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 1}^2} = \frac{0,07 \cdot [1 - 0,67 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,354)] \cdot 28,692}{1,8 \cdot 0,06^2} =$$

$$= 35,968 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\kappa\phi 1} = \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 2}^2} = \frac{0,07 \cdot [1 - 0,67 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,354)] \cdot 28,692}{1,8 \cdot 0,06^2} =$$

$$= 35,968 \text{ МПа}.$$

Кільцеве та меридіанне напруження у циліндричній втулці фланця від дії внутрішнього тиску p :

$$\sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c)} = \frac{0,5 \cdot 1,8}{2 \cdot (0,016 - 0,0048)} = 38,462 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot (S_0 - c)} = \frac{0,5 \cdot 1,8}{4 \cdot (0,016 - 0,0048)} = 19,231 \text{ МПа}.$$

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців:

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1}} =$$

$$\sqrt{(358,243 + 19,231)^2 + 38,462^2 - (358,243 + 19,231) \cdot 38,462} = 359,788 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2}} =$$

$$\sqrt{(358,243 + 19,231)^2 + 38,462^2 - (358,243 + 19,231) \cdot 38,462} = 359,788 \text{ МПа}.$$

Умова міцності:

$$[\sigma_{\phi 1}^{S_o}] = [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] = 0,003 \cdot E_{\phi 1}^t = 0,003 \cdot E_{\phi 2}^t = 0,003 \cdot 1,95 \cdot 10^5 = 584,67$$

МПа.

$$\sigma_{E\phi 1} = 359,788 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_o}] \cdot \varphi = 584,67 \cdot 0,9 = 526,2 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = 359,788 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] \cdot \varphi = 584,67 \cdot 0,9 = 526,2 \text{ МПа}.$$

Умови міцності виконуються

Умови герметичності:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δпк
						53
Змч	Дпк	Но докум	Підпи	Лп		

При $D = 1,8 \leq 2 \text{ м}$ $[\theta] = 0,009 \text{ рад}$

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 1} \cdot D}{E_{\phi 1}^t \cdot h_{\phi 1}} = \frac{35,968 \cdot 1,8}{1,95 \cdot 0,06} = 0,006 < [\theta] = 0,009,$$

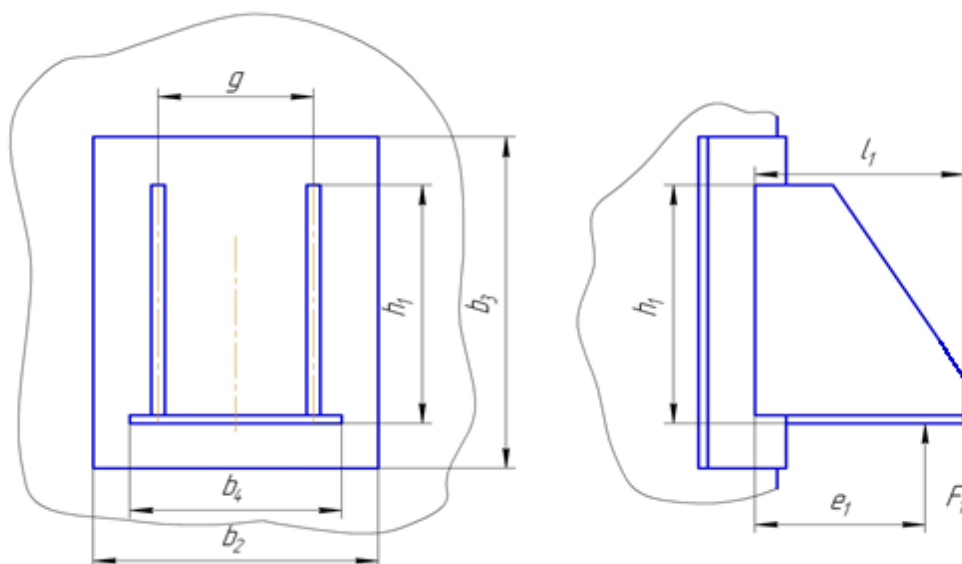
$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 2} \cdot D}{E_{\phi 2}^t \cdot h_{\phi 2}} = \frac{35,968 \cdot 1,8}{1,95 \cdot 0,06} = 0,006 < [\theta] = 0,009.$$

Умови герметичності виконуються.

Висновок: В результаті розрахунку був прийнятий плоский приварний фланець для діаметра гріючої камери $D=1,8 \text{ м}$, тиском $P=0,5 \text{ МПа}$. Умови міцності та герметичності фланцевого з'єднання виконуються.

4.1.9 Розрахунок несучої спроможності вертикальних циліндричних обичайок від дії реакції опорних лап

Мета: перевірити несучу спроможність обичайки під дією опорних навантажень.



Розрахункова схема наведена на рисунку 5.10.

Рисунок 4.9 – Розрахункова схема

Вихідні данні

виліт опори l_1 , м 0,48;

товщина стінки апарату S , м 0,016;

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δнк
Змч	Δнк	Но доквм	Підпи	Ла		54

висота опори h_1 , м	0,695;
діаметр апарату внутрішній D , м	1,8;
число опор z	4;
допустиме напруження $[\sigma]$, МПа	167,84;
ширина стійки b_4 , м	0,455;
робочий тиск P , МПа	0,6;
вага G , МН	0,36.

Розрахунок здійснено за методикою, наведеною у літературі [19].

Розрахунковий діаметр обичайки:

$$D_R = D = 0,6 \text{ м.}$$

Умова застосування формул:

$$\frac{(S-c)}{D_R} \leq 0,05$$

$$\frac{(0,016-0,0048)}{1,8} = 0,0062 \leq 0,05$$

де c – прибавка до товщини листа.

Умова виконується.

Відстань між точкою прикладання зусилля та обичайкою або підкладним листом:

$$e_1 = 5 \cdot l_1 / 6 = 5 \cdot 0,48 / 6 = 0,4 \text{ м.}$$

Загальні мембранні напруження:

$$\sigma_{my} = \frac{P \cdot D_R}{2 \cdot (S - C)} = \frac{0,5 \cdot 1,8}{2 \cdot (0,016 - 0,0048)} = 40,18 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт $K_2=1,2$ – для робочих умов

Коефіцієнт міцності зварного шва:

Якщо $f > \sqrt{D_R \cdot S}$ то $\phi = 1$, інакше ϕ - за умовою задачі.

$$\sqrt{D_R \cdot S} = \sqrt{1,8 \cdot 0,016} = 0,18 > 0,1$$

отже $\phi = 0,9$.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						55
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

Перевірка несучої спроможності вузла приварки опорної лапи до циліндричної обичайки без підкладного листа.

Загальні мембранні напруження у циліндричних обичайках для $\phi = 0,9$:

$$\sigma_m = \sigma_{my} = 40,18 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$v_2 = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\sigma_m}{[\sigma] \cdot \phi} = \frac{1,2}{1,5} \cdot \frac{40,18}{168,74 \cdot 0,9} = 0,213.$$

Коефіцієнт що враховує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину.

Якщо $v_2 \geq 0, v_1 = 0,3$.

Коефіцієнт K_1

$$K_1 = \frac{1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2}{3 \cdot v_1^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot v_1^2 (1 - v_2^2)}{(1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2)^2} + 1} - 1 \right) = \frac{1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,213}{3 \cdot 0,3^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,3^2 (1 - 0,213^2)}{(1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,213)^2} + 1} - 1 \right) = 1,072.$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи:

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 1,072 \cdot 167,84 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 224,9 \text{ МПа.}$$

Геометричні параметри конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки:

$$u = \ln \left[\frac{D_R}{2 \cdot (S - C)} \right] = \ln \left[\frac{1,8}{2 \cdot (0,016 - 0,0048)} \right] = 4,386,$$

$$y = \ln \left(\frac{h_1}{D_R} \right) = \ln \left(\frac{0,695}{1,8} \right) = -0,952,$$

$$y_1 = \ln \left(\frac{b_4}{D_R} \right) = \ln \left(\frac{0,455}{1,8} \right) = -1,375.$$

Коефіцієнт K_7 :

$$K_7 = f_1(u, y)$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						56
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лп		

$$\ln z = (-5,964 - 11,395 \cdot u - 18,987 \cdot y - 2,413 \cdot u^2 - 7,286 \cdot uy - 2,042 \cdot y^2 + \\ + 0,1322 \cdot u^3 + 0,483 \cdot u^2 \times y + 0,8469 \cdot u \cdot y^2 + 1,428 \cdot y^3) \cdot 10^{-2}.$$

$$K_7 = z = 0,67.$$

Зусилля, що діє на опорну лапу, яка приварена до циліндричної обичайки:

$$F_1 = \frac{G}{2} + \frac{M}{D + 2 \cdot (e_1 + S)} = \frac{0,36}{2} + \frac{0,032}{1,8 + 2 \cdot (0,4 + 0,016)} = 0,192 \text{ МН},$$

де $M = e \cdot D_R \cdot G = 0,05 \cdot 1,8 \cdot 0,36 = 0,023 \text{ Нм}$, e – ексцентриситет центра мас.

Допустиме зусилля у вузлі приварки опорної лапи до обичайки:

$$\text{Якщо } \frac{g}{h_1} = \frac{0,384}{0,695} = 0,418 < 0,5$$

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 \cdot (S - C)^2}{K_7 \cdot e_1} = \frac{224,9 \cdot 0,695 \cdot (0,016 - 0,0048)^2}{0,67 \cdot 0,4} = 0,077 \text{ МН}.$$

Умова несучої спроможності опорного вузла:

$$F_1 \leq [F_1].$$

$$0,192 > 0,077$$

Умова міцності несучої спроможності не виконується, потрібно використати підкладний лист.

Обираємо підкладний лист з геометричними розмірами:

$$b_2 = 0,6 \text{ м},$$

$$b_3 = 0,97 \text{ м},$$

$$S_2 = 0,02 \text{ м}.$$

Умови застосування розрахункових формул при наявності підкладного листа:

$$\frac{S - c}{D_R} \leq 0,5,$$

$$\frac{0,016 - 0,0048}{1,8} = 0,006 \leq 0,5,$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						57
Змн	Днк	Но доквм	Підпи	Лс		

$$q \geq 0,2 \cdot h_1,$$

$$0,384 \geq 0,2 \cdot 0,695 = 0,139,$$

$$b_2 \geq 0,6 \cdot b_3,$$

$$0,6 \geq 0,6 \cdot 0,97 = 0,582,$$

$$b_3 \leq 1,5 \cdot h_1,$$

$$0,97 \leq 1,5 \cdot 0,695 = 1,042,$$

$$S_2 \geq S,$$

$$0,02 \geq 0,016.$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

Загальні мембранні напруження опор в обичайці:

$$\sigma_m = \sigma_{my} = 40,18 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт, який враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$v_2 = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\sigma_m}{[\sigma] \cdot \phi} = \frac{1,2}{1,5} \cdot \frac{40,18}{168,74 \cdot 0,9} = 0,213.$$

Коефіцієнт що враховує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину.

Якщо $v_2 \geq 0, v_1 = 0,4$.

Коефіцієнт K_1

$$K_1 = \frac{1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2}{3 \cdot v_1^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot v_1^2 (1 - v_2^2)}{(1 + 3 \cdot v_1 \cdot v_2)^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,213}{3 \cdot 0,4^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,4^2 (1 - 0,213^2)}{(1 + 3 \cdot 0,4 \cdot 0,213)^2} + 1} - 1 \right) = 0,963.$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи:

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \cdot \frac{n_T}{K_2} = 0,963 \cdot 167,84 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 202,1 \text{ МПа.}$$

Геометричні параметри конструктивних вузлів приєднання опорних лап до обичайки з підкладним листом:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						58
Змч	Днк	Но доквм	Підпи	Ла		

$$y_2 = \ln\left(\frac{b_3}{D_R}\right) = \ln\left(\frac{0,97}{1,8}\right) = -0,618,$$

Коефіцієнт K_8 , визначається як:

$$K_8 = \min\{f_1(u, y); f(u, y_2)\} = \min\{0,67; 0,254\} = 0,254,$$

де $f_2(u, y_2)$:

$$K_8 = f_2(u, y_2)$$

$$\ln(v) = (-49,919 - 39,119 \cdot u - 107,01 \cdot y_2 - 1,694 \cdot u^2 - 11,920 \cdot u \cdot y_2 - \\ - 39,276 \cdot y_2 + 0,237 \cdot u^3 + 1,608 \cdot u^2 \cdot y_2 + 2,716 \cdot u \cdot y_2 - 3,854 \cdot y_2^3) \cdot 10^{-2}$$

$$K_8 = 0,254.$$

Зусилля що діють на опорну лапу, яка приварена до обичайки з підкладним листом:

$$F_1 = \frac{G}{2} + \frac{M}{D + 2 \cdot (e_1 + S + S_2)} = \frac{0,36}{2} + \frac{0,032}{1,8 + 2 \cdot (0,4 + 0,016 + 0,020)} = 0,192 \text{ МН.}$$

Допустиме зусилля в вузлі приварки опорної лапи до обичайки з підкладним листом:

$$\text{Якщо } \frac{b_2}{b_3} = \frac{0,6}{0,97} = 0,619 > 0,5 \text{ то:}$$

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] \cdot b_3 \cdot (S - C)^2}{K_8 \cdot (e_1 + S_2)} = \frac{224,9 \cdot 0,97 \cdot (0,016 - 0,0048)^2}{0,254 \cdot (0,4 + 0,02)} = 0,23 \text{ МН.}$$

Висновок: умова несучої спроможності виконується, за умови збільшення товщини обичайки до 0,016 м, та введення в конструкцію підкладного листа товщиною 0,02 м.

4.1.10 Розрахунок товщини теплової ізоляції

Мета: розрахувати товщину теплової ізоляції.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						59
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.11.

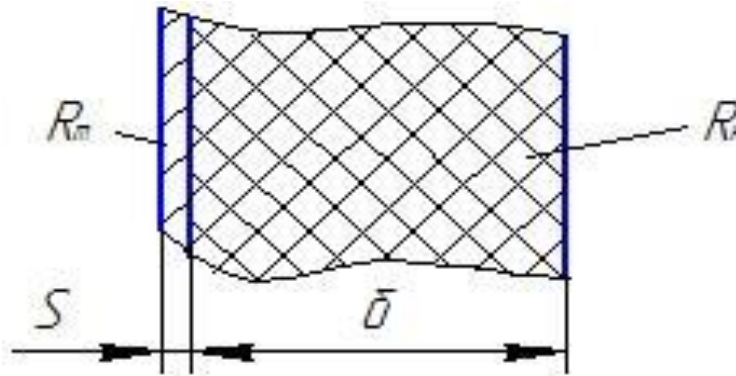


Рисунок 4.10 – Розрахункова схема

Вихідні дані:

матеріал 12X18H10T;
діаметр корпусу D, м 1,8;
температура розчину t_w , °C 151,1.

Товщину теплової ізоляції розраховуємо за методикою [20].

Середня температура теплоізоляційного шару для об'єктів, розташованих на відкритому повітрі, становить, °C:

влітку

$$t_m = \frac{t_w + 40}{2} = \frac{151,1 + 40}{2} = 95,55 \text{ } ^\circ\text{C},$$

взимку

$$t'_m = \frac{t_w}{2} = \frac{151,1}{2} = 75,55 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції

влітку

$$\lambda_k = 0,049 + 0,0002 \cdot t_m = 0,049 + 0,0002 \cdot 95,55 = 0,068 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)},$$

взимку

$$\lambda'_k = 0,049 + 0,0002 \cdot t'_m = 0,049 + 0,0002 \cdot 75,55 = 0,064 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

Оскільки $\lambda_k > \lambda'_k$, то розраховується тільки для літніх умов:

$$\lambda_k = 0,068 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

Опір теплопередачі теплоізоляційної конструкції

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δнк
						60
Змч	Δнк	№ доквм	Підпи	Лс		

$$R_{tot} = \frac{t_w - t_e}{q \cdot K_1} = \frac{151,1 - 20}{68 \cdot 1} = 1,928 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

де q – нормована поверхня щільності теплового потоку, Вт/м²К.

Для території України $K_1 = 1,0$.

Термічний опір теплоізоляційної конструкції:

$$R_k = R_{tot} - \frac{1}{\alpha_e} - R_m = 1,928 - \frac{1}{7} - 0 = 1,785 \text{ м}^2\text{К/Вт,}$$

де $\alpha_e = 7 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції до оточуючого середовища, за умови що апарат встановлений в приміщенні.

Оскільки обичайка корпусу апарата виготовлена зі сталевого прокату, то термічний опір $R_m = 0$.

Товщина теплоізоляційного шару δ_k :

$$\delta_k = \lambda_k \cdot R_k = 0,068 \cdot 1,785 = 0,122 \text{ м.}$$

Товщина теплоізоляційного виробу δ_1 з матеріалів, що ущільнюються, до встановлення на ізолювану поверхню визначаємо з урахуванням коефіцієнта ущільнення K_c , який для мінераловатних прошивних мат становить 1,2.

Тоді за формулою товщина δ_1 :

$$\delta_1 = \delta_k \cdot K_c \cdot \frac{d + \delta_k}{d + 2 \cdot \delta_k} = 0,122 \cdot 1,2 \cdot \frac{1,832 + 0,122}{1,832 + 2 \cdot 0,122} = 0,137 \text{ м.}$$

де $d = D + 2 \cdot S = 1,8 + 2 \cdot 0,016 = 1,832 \text{ м}$, зовнішній діаметр.

Висновок: Відповідно до ГОСТ 21880-94 теплоізоляційного шару виконується з мінераловатного прошивного матеріалу марки 125, товщина становить 140 мм.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Дпк
						61
Змч	Дпк	Но докум	Підпи	Ла		

4.2 Розрахунок мембранного апарата

4.2.1 Визначення основних геометричних розмірів мембранного апарата

Вихідні дані:

Масові витрати G_f , кг/с	4,5;
початкова кількість розчину x_{1f} , % мас	0,07;
кінцева кількість розчину x_{1r} , % мас	3;
Перепад тиску на мембрані Δp , МПА	6;
Допустимі втрати солі $[q_{cp}]$, %	10.
Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в[21].	

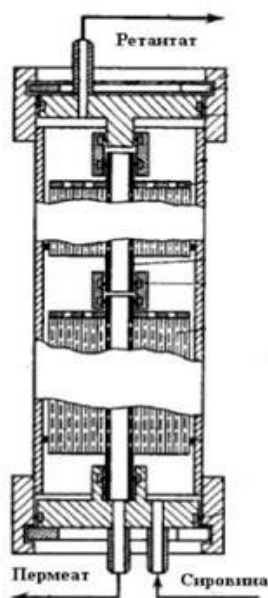


Рисунок 4.11 – мембранний апарат

Визначаємо селективність мембрани:

$$K = \frac{x_{1r}}{x_{1f}} = \frac{3}{0,07} = 4,286$$

Середнє геометричне значення теплоти гідратації іонів становить, кДж/моль:

$$\Delta H = \sqrt[3]{(H_K)^2 + H_{NO_3}} = \sqrt[3]{(339)^2 + 1352} = 537,599$$

Підбираємо мембрану МГА – 95 з параметрами: $a=3,47$; $b=1,844$;

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δпк
Змч	Δпк	Но докум	Підпи	Ла		62

$$G_0=0,0023 \text{ кг/с.}$$

Визначаємо характерний коефіцієнт розділення мембрани:

$$R_{\text{int}} = 1 - 10^{a-b \cdot \log\left(\frac{\Delta H}{z_m}\right)} = 1 - 10^{3,47-1,844 \cdot \log\left(\frac{537,599}{1}\right)} = 0,973$$

Середнє значення солі в пермеаті, % мас.:

$$x_2 = x_{1f} \cdot \frac{1 - K^{\frac{R_{\text{int}}-1}{R_{\text{int}}}}}{1 - K^{\frac{-1}{R_{\text{int}}}}} = 0,07 \cdot \frac{1 - 4,286^{\frac{0,973-1}{0,973}}}{1 - 4,286^{\frac{-1}{0,973}}} = 0,036$$

Витрати пермеату:

$$L_p = L_f \cdot \left(1 - K^{\frac{-1}{R_{\text{int}}}}\right) = 4,5 \cdot \left(1 - 4,286^{\frac{-1}{0,973}}\right) = 3,492.$$

Витрати солі з сировиною, кг/с:

$$G_{c1f} = L_f \cdot \frac{x_{1f}}{100} = 4,5 \cdot \frac{0,07}{100} = 0,032.$$

Витрати солі з пермеатом, кг/с:

$$G_{c1r} = L_p \cdot \frac{x_2}{100} = 3,492 \cdot \frac{0,036}{100} = 1,257 \cdot 10^{-3}.$$

Витрати солі з пермеатом, виражені у відсотках від її вмісту в початковому розчині, %:

$$g_{cp} = \frac{G_{cp}}{G_{c1f}} \cdot 100\% = \frac{1,257 \cdot 10^{-3}}{0,032} \cdot 100\% = 3,992\%.$$

Продуктивність мембрани на вході, кг/м²с:

$$G_f = G_0 \left(1 - \frac{\pi_{1f}}{\Delta p}\right) = 0,0023 \left(1 - \frac{0,315}{6}\right) = 2,179 \cdot 10^{-3}.$$

Продуктивність мембрани на виході, кг/м²с:

$$G_r = G_0 \left(1 - \frac{\pi_{1r}}{\Delta p}\right) = 0,0023 \left(1 - \frac{1,26}{6}\right) = 1,817 \cdot 10^{-3}.$$

де G_0 – проникненість мембрани за чистим розчинником. За концентраціями в розділюваному розчині та ретантаті за даними, наведеними в [37, додаток Б] вибираються значення осмотичних тисків,

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						63
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лп		

МПа:

$$\pi_{1f} = 0,315 \text{ МПа та } \pi_{1r} = 1,26 \text{ МПа} .$$

Середнє значення питомої продуктивності, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$:

$$G = \frac{G_f + G_r}{2} = \frac{2,179 \cdot 10^{-3} + 1,817 \cdot 10^{-3}}{2} = 1,216 \cdot 10^{-3}$$

Наближене значення площі поверхні мембрани, м^2 :

$$F = \frac{L_p}{G} = \frac{3,492}{1,216 \cdot 10^{-3}} = 1747,54.$$

Витрата ретантату, $\text{кг}/\text{с}$:

$$L_r = L_f - L_p = 4,5 - 3,492 = 1,008$$

При виборі розмірів апарата змінними можуть бути такі величини:

- робоча висота модуля $l_m = 1 \text{ м}$;
- кількість сумісно навитих елементів у модулі $n_e = 6$;
- кількість модулів у корпусі апарата $n_m = 4$;
- товщина сітки сепаратора $\delta_c = 0,5 \text{ мм}$;
- товщина дренажного матеріалу $\delta_d = 0,25 \text{ мм}$;
- товщина підкладного матеріалу $\delta_1 = 0,2 \text{ мм}$;
- товщина мембрани $\delta_2 = 0,1 \text{ мм}$;
- довжина мембранного пакету $l_p = 1 \text{ м}$;

Товщина мембранного пакету, м :

$$\delta_p = \delta_d + 2\delta_1 + 2\delta_2 = 0,25 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 = 0,0085$$

Площа поверхні мембрани в одному елементі, м^2 :

$$F_e = 2l_p l_m = 2 \cdot 1 \cdot 1 = 2$$

Площа робочої поверхні мембран в одному модулі, м^2 :

$$F_m = n_e \cdot F_e = 6 \cdot 2 = 12$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						64
Змч	Днк	Но доквм	Підпи	Ла		

Площа робочої поверхні мембран в одному апараті, м²:

$$F_a = n_m \cdot F_m = 412 = 48$$

Площа поперечного перерізу апарата, по якому проходить розчин, що розділяється:

$$S_1 = n_e l_p \delta_c = 6 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 10^{-3}$$

Площа поперечного перерізу апарата, зайнята пакетами мембран:

$$S_2 = n_e l_p \delta_p = 6 \cdot 1 \cdot 0,0085 = 0,051$$

Площа поперечного перерізу апарату з урахуванням запасу на конструктивні елементи:

$$S_A = 1,1 \cdot (S_1 + S_2) = 1,1 \cdot (3 \cdot 10^{-3} + 0,051) = 0,0891$$

Внутрішній діаметр апарата:

$$d_a = \sqrt{\frac{4S_A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0891}{3,14}} = 0,107$$

де π - ірраціональна константа, $\pi = 3,14159 \dots$

Приймаємо $d_a = 0,12$ м.

Загальна кількість апаратів у мембранній установці:

$$n = \frac{F}{F_a} = \frac{1747,54}{48} = 36,407$$

Визначається витрата пермеату в одному апараті:

$$L_{pa} = G \cdot F_a = 1,216 \cdot 10^{-3} \cdot 48 = 0,096$$

Визначається кількість апаратів в першій секції:

$$n_1 = \frac{L_f (1 - 1/q)}{L_{pa}} = \frac{4,5 (1 - 1/1,2)}{0,096} = 7,82$$

Приймаємо $n_1 = 8$.

Визначається кількість апаратів в другій секції:

$$n_2 = \frac{n_1}{q^{2-1}} = \frac{7,82}{1,2^{2-1}} = 6,667$$

Приймаємо $n_2 = 7$.

Визначається кількість апаратів в третій секції:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						65
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Лп		

$$n_3 = \frac{n_1}{q^{3-1}} = \frac{7,82}{1,2^{3-1}} = 5,556$$

Приймаємо $n_3 = 6$.

Визначається кількість апаратів в четвертій секції:

$$n_4 = \frac{n_1}{q^{4-1}} = \frac{7,82}{1,2^{4-1}} = 4,63$$

Приймаємо $n_4 = 5$.

Визначається кількість апаратів в п'ятій секції:

$$n_5 = \frac{n_1}{q^{5-1}} = \frac{7,82}{1,2^{5-1}} = 3,858$$

Приймаємо $n_5 = 4$.

Визначається кількість апаратів в шостій секції:

$$n_6 = \frac{n_1}{q^{6-1}} = \frac{7,82}{1,2^{6-1}} = 3,215$$

Приймаємо $n_6 = 4$.

Визначається кількість апаратів в сьомій секції:

$$n_7 = \frac{n_1}{q^{7-1}} = \frac{7,82}{1,2^{7-1}} = 2,679$$

Приймаємо $n_7 = 3$.

Де $q = 1,2$ - припустиме зниження витрат за довжиною апарата

Загальна кількість апаратів в секціях:

$$\Sigma n_i = n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7 = 8 + 7 + 6 + 5 + 4 + 4 + 3 = 37 .$$

Розрахунок спостережуваної селективності:

Знаходимо значення густини, коефіцієнту кінематичної в'язкості та коефіцієнта дифузії

$$\rho_{1f} = 1,00921 \cdot 10^3 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\rho_{1r} = 1032,5 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$\nu_{1f} = 9,338 \cdot 10^{-7} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

$$\nu_{1r} = 1,0107 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						66
Змч	Днк	Но доквм	Підпи	Лп		

$$D_{1f} = 6,02 \cdot 10^{-10} \frac{M^2}{c}$$

$$D_{1r} = 0,586 \cdot 10^{-9} \frac{M^2}{c}$$

Визначається критерій Шмідта на вході і на виході в установку:

$$Sc_{1f} = \frac{v_{1f}}{D_{1f}} = \frac{9,338 \cdot 10^{-7}}{6,02 \cdot 10^{-10}} = 486,346.$$

$$Sc_{1r} = \frac{v_{1r}}{D_{1r}} = \frac{1,0107 \cdot 10^{-6}}{0,586 \cdot 10^{-9}} = 506,023.$$

Еквівалентний діаметр:

$$d_e = 2\delta_c = (2 \cdot 0,5) \cdot 10^{-3} = 0,001$$

Швидкість руху розчину в каналах модуля:

в першій секції:

$$w_{1f} = \frac{L_f}{\rho_{1f} S_1 n_1} = \frac{4,5}{1,00921 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 8} = 0,185.$$

в останній секції:

$$w_{1r} = \frac{L_r}{\rho_{1r} S_1 n_m} = \frac{1,008}{1032,5 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \cdot 6} = 0,111.$$

де $n_m = 6$ кількість апаратів в останній секції.

Критерій Рейнольдса:

в першій секції:

$$Re_{1f} = \frac{w_{1f} d_e}{v_{1f}} = \frac{0,185 \cdot 0,001}{9,338 \cdot 10^{-7}} = 208,141.$$

в останній секції:

$$Re_{1r} = \frac{w_{1r} d_e}{v_{1r}} = \frac{0,111 \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{1,0107 \cdot 10^{-6}} = 124,327.$$

Швидкість руху розчину в напрямку мембрани:

в першій секції:

$$U_{1f} = \frac{G_f}{\rho_{1f}} = \frac{2,179 \cdot 10^{-3}}{1,00921 \cdot 10^3} = 2,163 \cdot 10^{-6}.$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						67
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Лп		

в останній секції:

$$U_{1r} = \frac{G_r}{\rho_{1r}} = \frac{1,817 \cdot 10^{-3}}{1032,5} = 1,796 \cdot 10^{-6}$$

Критерій Пекле

в першій секції:

$$Pe_{1f} = \frac{U_{1f} d_e}{D_{1f}} = \frac{2,163 \cdot 10^{-6} \cdot 0,001}{6,02 \cdot 10^{-10}} = 1,181$$

в останній секції:

$$Pe_{1r} = \frac{U_{1r} d_e}{D_{1r}} = \frac{1,796 \cdot 10^{-6} \cdot 0,001}{0,586 \cdot 10^{-9}} = 1,021.$$

Критерій Шервуда визначається для першої і останньої секції за критеріальними рівняннями. Якщо виконується умова:

$$100 < Re \cdot Sc \frac{d_e}{l_p} < 5000$$

$$Re_{1f} \cdot Sc_{1f} \frac{d_e}{l_p} = 208,141 \cdot 486,346 \cdot \frac{0,001}{1} = 101,229,$$

$$Re_{1r} \cdot Sc_{1r} \frac{d_e}{l_p} = 124,327 \cdot 506,023 \cdot \frac{0,001}{1} = 67,912.$$

Тоді критерій Шервуда визначається:

$$Sh_{1f} = 1,67 \cdot Re_{1f}^{0,34} \cdot Sc_{1f}^{0,33} \left(\frac{d_e}{l_p} \right)^{0,3} = 1,67 \cdot 208,141^{0,34} \cdot 486,346^{0,33} \cdot \left(\frac{0,001}{1} \right)^{0,3} = 8,084,$$

$$Sh_{1r} = \frac{4 Pe_{1r}}{\ln \left(\xi_2 + 6 - 5 \cdot \exp \left(-\sqrt{\xi_2 / 3} \right) \right)} = \frac{4 \cdot 124,327}{\ln \left(\xi_2 + 6 - 5 \cdot \exp \left(-\sqrt{\xi_2 / 3} \right) \right)} = 6,874.$$

Коефіцієнт масовіддачі визначається за формулою

в першій секції:

$$\beta_{1f} = \frac{Sh_{1f} D_{1f}}{d_e} = \frac{8,084 \cdot 6,02 \cdot 10^{-10}}{0,001} = 1,48 \cdot 10^{-5},$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						68
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лп		

в останній секції:

$$\beta_{1r} = \frac{Sh_{1r} D_{1r}}{d_e} = \frac{6,874 \cdot 0,586 \cdot 10^{-9}}{0,001} = 1,21 \cdot 10^{-5}$$

Розраховуємо комплекс:

в першій секції:

$$\chi_{1f} = \frac{U_{1f}}{2,3\beta_{1f}} + \lg \frac{1 - R_{int}}{R_{int}} = \frac{2,163 \cdot 10^{-6}}{2,3 \cdot 1,48 \cdot 10^{-5}} + \lg \frac{0,973}{0,973} = -1,489,$$

в останній секції:

$$\chi_{1r} = \frac{U_{1r}}{2,3\beta_{1r}} + \lg \frac{1 - R_{int}}{R_{int}} = \frac{1,796 \cdot 10^{-6}}{2,3 \cdot 1,21 \cdot 10^{-5}} + \lg \frac{0,973}{0,973} = -1,488.$$

Спостережувана селективність:

в першій секції:

$$R_{1f} = \frac{1}{10^{\chi_{1f}} + 1} = \frac{1}{10^{-1,489} + 1} = 0,969,$$

в останній секції:

$$R_{1r} = \frac{1}{10^{\chi_{1r}} + 1} = \frac{1}{10^{-1,488} + 1} = 0,969.$$

Середнє значення спостережуваної селективності:

$$R = \frac{R_{1f} + R_{1r}}{2} = \frac{0,969 + 0,969}{2} = 0,969.$$

Концентрація карбонату калію у пермеаті:

$$x_2 = x_{1f} \frac{1 - K^{\frac{R_{int} - 1}{R_{int}}}}{1 - K^{\frac{-1}{R_{int}}}} = -1,489 \cdot \frac{1 - 4,286^{\frac{0,973 - 1}{0,973}}}{1 - 4,286^{\frac{-1}{0,973}}} = 0,042.$$

Витрата пермеату кг/с:

$$L_p = L_{1f} \left(1 - K^{-\frac{1}{R_{int}}} \right) = 4,5 \cdot \left(1 - 4,286^{-\frac{1}{0,973}} \right) = 3,498.$$

Витрати карбамід з пермеатом, кг/с:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Дпк
						69
Змч	Дпк	Но докум	Підпи	Лп		

$$G_{cp} = \frac{L_p x_2}{100} = \frac{3,492 \cdot 0,042}{100} = 1,452 \cdot 10^{-3}.$$

Витрати карбаміду з пермеатом, виражені у відсотках від її вмісті у початковому розчині, %:

$$g_{cp} = \frac{G_{cp}}{G_{c1f}} \cdot 100\% = \frac{1,452 \cdot 10^{-3}}{0,032} \cdot 100\% = 4,611.$$

Отримане значення не перевищує допустиме, отже вибрана мембрана задовольняє умову задовільної селективності і перерахунок робити не потрібно.

Уточнювальний розрахунок поверхні мембрани:

Він проводиться з урахуванням осмотичного тиску розчину біля поверхні мембрани та пермеату. Розрахунки здійснюються для двох граничних перерізів: перерізу на вході до апаратів першої секції та перерізу апаратів на виході з останньої секції.

Концентрація карбаміду в пермеаті, мас. %:

в першій секції:

$$x_{2f} = (1 - R) x_{1f} = (1 - 0,969) \cdot (-1,489) = 0,022$$

в останній секції:

$$x_{2r} = (1 - R) x_{1r} = (1 - 0,969) \cdot (-1,488) = 0,094.$$

Концентрація нітрату калію біля поверхні мембрани з боку розчину, що розділяється, мас. %:

в першій секції:

$$x_{3f} = \frac{x_{2f}}{1 - R_{int}} = \frac{0,022}{1 - 0,973} = 0,808,$$

в останній секції:

$$x_{3r} = \frac{x_{2r}}{1 - R_{int}} = \frac{0,094}{1 - 0,973} = 3,462.$$

Визначаємо осмотичні тиски:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						70
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

$$\pi_{2f} = \frac{x_{2f}}{1,001} \cdot 0,45 = \frac{0,22}{1,001} \cdot 0,45 = 9,887 \cdot 10^{-3}$$

$$\pi_{3f} = \frac{x_{3f}}{1,001} \cdot 0,45 = \frac{0,808}{1,001} \cdot 0,45 = 0,363$$

$$\pi_{2r} = \frac{x_{2r}}{1,001} \cdot 0,45 = \frac{0,094}{1,001} \cdot 0,45 = 0,042$$

$$\pi_{3r} = \frac{x_{3r}}{1,001} \cdot 0,45 = \frac{3,462}{1,001} \cdot 0,45 = 1,4163$$

Проникність мембрани, кг/м²с:

в першій секції:

$$G_f = G_0 \left(1 - \frac{\pi_{3f} - \pi_{2f}}{\Delta p} \right) = 0,0023 \cdot \left(1 - \frac{0,363 - 9,887 \cdot 10^{-3}}{6} \right) = 2,165 \cdot 10^{-3},$$

в останній секції:

$$G_r = G_0 \left(1 - \frac{\pi_{3r} - \pi_{2r}}{\Delta p} \right) = 0,0023 \cdot \left(1 - \frac{1,4163 - 0,042}{6} \right) = 1,773 \cdot 10^{-3}.$$

Константи системи:

в першій секції:

$$C_f = \frac{G_0 - G_f}{x_{1f}} = \frac{0,0023 - 2,179 \cdot 10^{-3}}{-1,489} = 1,934 \cdot 10^{-4},$$

в останній секції:

$$C_r = \frac{G_0 - G_r}{x_{1r}} = \frac{0,0023 - 1,817 \cdot 10^{-3}}{-1,488} = 1,756 \cdot 10^{-4}.$$

Розбіжність між константами не перевищує 20%.

Використовуємо середнє арифметичне значення константи системи, кг/м²с:

$$C = \frac{C_f + C_r}{2} \cdot 100\% = \frac{1,934 \cdot 10^{-4} + 1,756 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot 100\% = 10,18\%.$$

Площа поверхні мембрани обчислюється за формулою, м²:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δпк
						71
Змч	Дпк	Но доквм	Підпи	Ла		

$$F = \frac{L_f x_{1f}}{G_0} \left[\frac{C}{G_0} \cdot \ln \frac{(G_0 - cx_{1r}) x_{1f}}{(G_0 - cx_{1f}) x_{1r}} + \frac{1}{x_{1f}} - \frac{1}{x_{1r}} \right] = \frac{4,5 \cdot (-1,489)}{0,0023} \cdot \left[\frac{1,845 \cdot 10^{-4}}{0,0023} \cdot \ln \frac{(0,0023 - 1,845 \cdot 10^{-4} \cdot (-1,488)) \cdot (-1,489)}{(0,0023 - 1,845 \cdot 10^{-4} \cdot (-1,489)) \cdot (-1,488)} + \frac{1}{(-1,489)} - \frac{1}{(-1,488)} \right] = 1684$$

Уточнене значення поверхні відрізняється менш ніж на 10%, така розбіжність не значна, тому потреби в перерахунку немає.

Висновок: за результатами розрахунку визначено тип необхідної мембрани, площу поверхні мембран, встановлено необхідну кількість мембран, що становить 37. Обчислено габаритні розміри мембранного модуля

4.2.2 Розрахунок гідравлічного опору

В мембранних модулях, зокрема рулонних, важливою частиною є сітка-сепаратор, яка призначена для ефективного зменшення концентрації поляризації [32]. Однак сітка-сепаратор обумовлює значний гідравлічний опір.

При аналізі гідродинаміки в мембранних модулях основними параметрами спейсера є розміри й форма ниток, характер їх розташування. Для визначення його впливу на робочі параметри процесу, в тому числі режиму руху рідини, гідравлічного опору та інтенсивність концентраційної поляризації використовують метод обчислювальної гідродинаміки (CFD).

Так, в роботі [33] розглядався вплив форми поперечного перерізу ниток було встановлено, що циліндрична форма забезпечує менший концентраційний фактор, порівняно з ниткою прямокутного перерізу, тобто циліндрична форма є більш раціональною. В роботах [34] та [35] досліджувався вплив товщини циліндричних ниток, і було виявлено, що товщина нитки чинить більш суттєвий вплив на гідродинамічний опір, за розподіл. Зокрема, в роботі [34] показано, що зростання діаметру нитки в 1,5 рази збільшує падіння тиску в каналі більш ніж в 3 рази.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						72
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Вплив розташування спейсера в каналі оцінювався за розташуванням ниток по висоті каналу в повздовжньому перерізі та по кутах розташування сітки відносно напрямку течії.

В роботах [34] та [36] було встановлено, що найбільш раціональним способом розташування ниток спейсера по висоті каналу є зигзагоподібне, оскільки в таких умовах забезпечується найбільша інтенсивність масообміну.

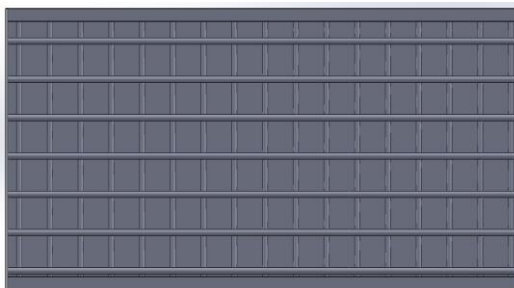
Для оцінки впливу розташування сітки відносно було запропоновано декілька підходів, при чому найчастіше для цієї мети користуються такими кутами: кутом між нитками спейсера φ ; кутом атаки χ та кутом нахил комірки ψ . При чому результати різних авторів, щодо оптимальних значень цих параметрів відрізняються. В більшості комерційно доступних модулів $\varphi = 90^\circ$ [37], тому деякі дослідження обмежувалися цим значенням. При цьому в роботі [35] відзначається, що при $\chi = 45^\circ$ досягаються кращі результати, ніж при $\chi = 45^\circ$, в той час як в роботі [34] найкращі результати отримані для $\chi = 60^\circ$. В роботах [34] та [56] досліджувався вплив кута φ і в одному випадку були отримані оптимальні значення $\varphi = 120^\circ$ та $\psi = 30^\circ$ [33], а в другому $\varphi = 130^\circ$ та $\chi = 30^\circ$. Імовірною причиною таких розбіжностей є те, що в кожному дослідженні розглядався окремий дискретний набір значень розглядуваних кутів.

Було розроблено нову конструкцію сітки-сепаратора [14].

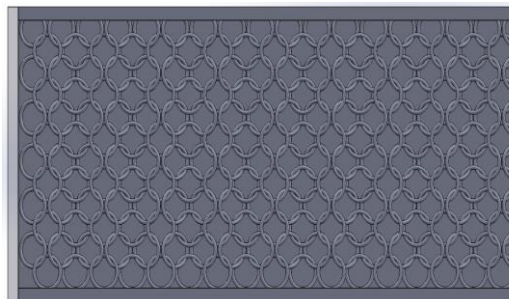
Метою роботи є оцінити ефективність запропонованої конструкції сітки сепаратора методами обчислювальної гідродинаміки.

Для аналізу використовувалося середовище solid works 2016.

Було розроблено тестову комірку розміром 2x2 мм (рис. 4.16а) де розміщувалася традиційна конструкція сітки-сепаратора і нова конструкція з діаметром кілець 2 мм (рис.4.16б).



а)

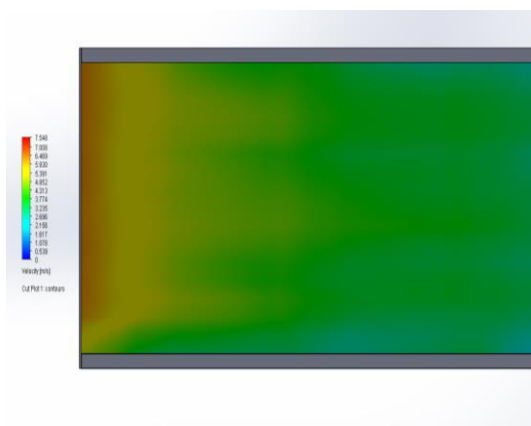


б)

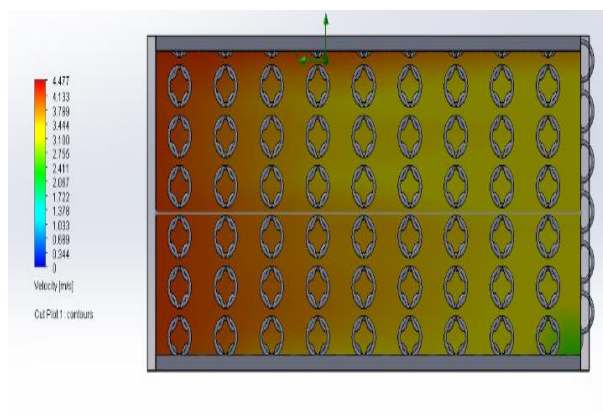
а – традиційна конструкція; б – нова конструкція .

Рисунок 4.16 Розрахункові моделі турбулізуючих вставок мембранного апарату

За результатами проведеного моделювання отримані поля швидкостей (рис. 4.17) та тисків (рис. 4.18). З цих результатів видно, що швидкість в каналі сітки значно менша, аніж у новій конструкції.



а)



б)

а – традиційна конструкція; б – нова конструкція.

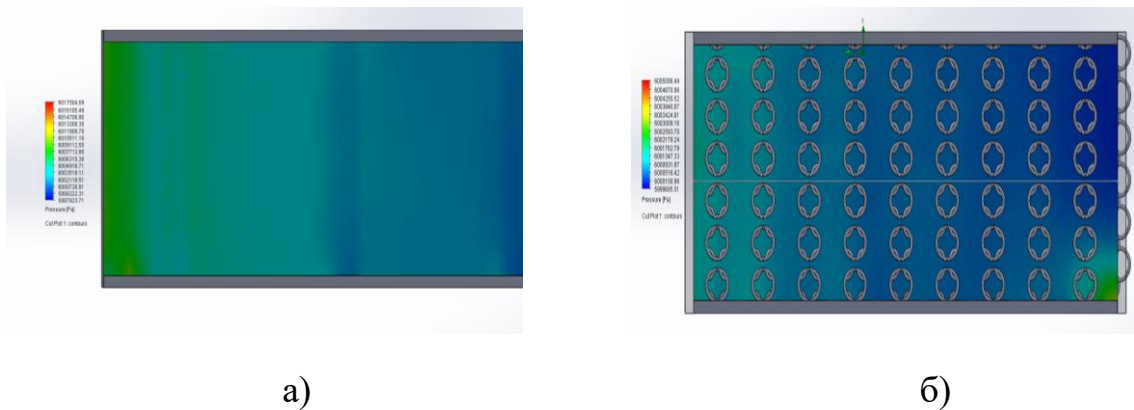
Рисунок 4.17 - Епюра швидкостей

Змн	Дрк	Но доквм	Підпи	Ла

ЛН81мп.066231.000ПЗ

Дрк

74



а – традиційна конструкція; б – нова конструкція.

Рисунок 4.18 - Епюра тисків

Порівняння зміни тиску по довжині каналу (рис. 4.19) показує, що сітка-сепаратор виконана кільцями значно зменшує гідравлічний опір мембрани, отже є значно ефективнішою.

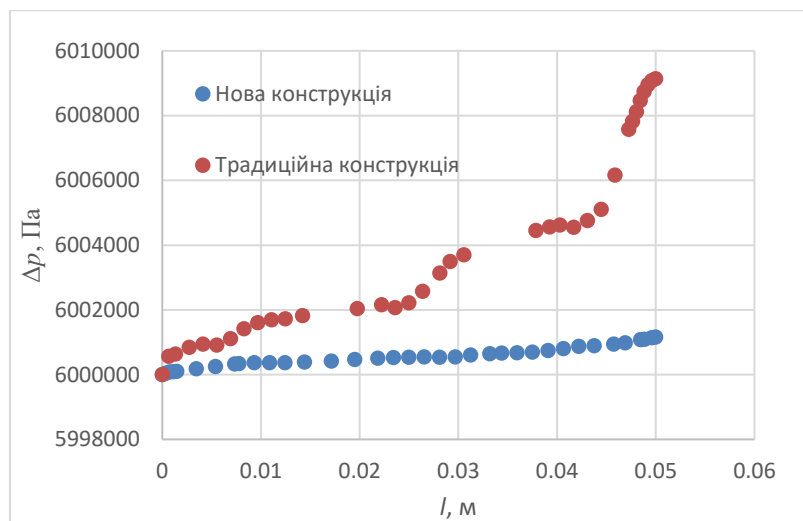


Рисунок 4.19 Графік порівняння тиску

Висновок: аналіз моделювання руху рідини показує, що запропонована конструкція сітки-сепаратора дозволяє зменшити гідравлічний опір на 2,5% на 1 метр довжини мембранного каналу. Отже така конструкція є перспективною і може дозволити зменшити енергетичні витрати на проведення мембранних процесів.

Змн	Дрк	Но докум	Підпи	Ла

ЛН81мп.066231.000ПЗ

5. Охорона праці

Розділ розроблено відповідно до матеріалів викладених в [17].

Основним завданням охорони праці є зведення до мінімуму імовірностей ураження або захворювань працюючих з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Сучасне обладнання, яке вводяться в експлуатацію має також бути відповідним до вимог техніки безпеки і охорони праці, які затверджені законом України “Про охорону праці”, прийнятому у 1993. *Темою магістерської дисертації є «Модернізація установки виробництва карбонату калію з розробкою випарного і мембранного апаратів».*

Контроль параметрів технологічного процесу здійснюється оператором лінії, пульт якого знаходиться в виробничому приміщенні, площею 300 м² і об’ємом 1800 м³.

Основними шкідливими та небезпечними факторами робочого місця оператора являються:

- повітря робочої зони;
- небезпека ураження електричним струмом;
- виробничий шум та вібрації;
- пожежонебезпека;
- надзвичайні ситуації.

5.1 Повітря робочої зони

На основі технологічної схеми маємо приміщення без надлишкового тепловиділення, тобто $Q < 20$ ккал/год м³ або $Q < 23.27$ Дж/с. м³ Оскільки професії на підприємствах точного приладо- і машинобудування відносяться до категорій робіт з інтенсивністю енерговитрат до 120 ккал / год (до 139 Вт), вироблені сидючи і супроводжуються незначним фізичним напруженням. Параметри повітря робочої зони для категорії роботи оператора та оптимальні умови роботи показані в таблиці 5.1.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						76
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

Параметри повітря робочої зони відповідають ДСН 3.3.6.042-99.

Таблиця 5.1 – Параметри повітря робочої зони та оптимальні умови роботи

Період року	Категорія рабiт за рівнем енерговтрат, Вт	Температура повітря, °С	Температура поверхонь, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Легка 1а	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплий	Легка 1а	23-25	22-26	60-40	0,1

Для досягнення в виробничих приміщеннях постійних температури, вологості і чистоти повітря незалежно від атмосферних умов і пори року застосовують установки кондиціонування повітря.

Захист органів дихання

Повітряний апарат МПА (Рис.5.1) захищає дихальні органи та зорові.



Рисунок 5.1– Повітряний апарат МПА

Кондиціонування повітря - автоматична підтримка в закритих приміщеннях всіх або окремих параметрів повітря (температури, відносної

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						77
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

вологості, чистоти, швидкості руху) з метою забезпечення головним чином оптимальних метеорологічних умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей, ведення технологічного процесу. Такі установки автоматично створюють самостійний мікроклімат. При кондиціонуванні повітря нагрівають або охолоджують до потрібної температури, осушують або звожують, необхідно чистити від пилу, домішок парів і газів.

Основні санітарно-гігієнічні вимоги до вентиляції виробничих приміщень визначені гігієнічними нормативами, а також будівельними нормами і правилами (далі СнП2.04.05 —91). Для ефективної роботи вентиляції важливо, щоб ще на стадії її проектування було передбачено виконання ряду санітарно-гігієнічних і технічних вимог.

Кількість повітря, необхідного для вентиляції виробничих приміщень і забезпечення необхідних параметрів повітряного середовища в робочій зоні, встановлюється розрахунковим способом. Розрахунок ведеться по надлишку тепла, вологи або за кількістю виділяються шкідливих речовин (пилу, газів, парів). При одночасному виділенні в приміщенні тепла, вологи і шкідливих речовин необхідний повітрообмін повинен встановлюватися по переважаючої шкідливості.

Система вентиляції не повинна бути джерелом шуму і забруднення навколишнього середовища. В процесі експлуатації вентиляційні системи повинні обслуговуватися, очищатися від забруднень, ремонтуватися відповідно до встановленого графіка підготовленим персоналом.

5.2 Небезпека ураження електричним струмом

Лінія виробництва, яка розробляється в дисертаційній роботі розташовується у сухому приміщенні з температурою та вологовмістом повітря, що задовольняє гігієнічно-санітарні норми. Підлога приміщення залізобетонна. Згідно ПУЕ-86 воно відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Пульт керування машиніста має напругу $U = 220/380$ В та

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						78
Змн	Днк	№ доквм	Підпи	Ла		

частотою $f = 50$ Гц. Мережа з глухозаземленою нейтраллю.

Занулення — навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою.

Метою занулення є усунення небезпеки ураження людини під час пробою на корпус обладнання однієї фази мережі електричного струму. Ця мета досягається шляхом швидкого відімкнення максимальним струмовим захистом частини мережі, на якій трапилося замикання на корпус.

Завдяки приєднанню до нейтральної точки джерела всіх неструмопровідних частин обладнання, однофазне замикання на корпус перетворюється на однофазне коротке замикання, яке призводить до спрацьовування струмового захисту.

Заходами щодо електробезпеки є:

1) Застосування ізоляції на устаткуванні, що проводить струм з опором в межах $R \geq 0,5$ Ом.

2) Недоступність елементів установки, що знаходяться під напругою.

3) За принципом дії блокування розділяють на механічні, електромагнітні і електричні. Механічне блокування використовують в електроапаратах. Електричні блокування використовують в технологічних електроустановках з напругою до 1000 В.

4) Орієнтація в електроустановках. Засоби орієнтації дозволяють персоналу орієнтуватися при виконанні робіт і застерігають його від помилкових дій. Орієнтацію забезпечує маркування частин електрообладнання

5) Занулення в електроустановках з напругою до $U = 1000$ В являє собою умисне з'єднання частин електроустаткування, що не знаходяться під напругою, з глухо заземленою нейтраллю генератора або трансформатора в мережі трифазного току, з глухо заземленим виведенням джерела однофазного або ж постійного току, рисунок 5.2.

Живлення елементів установки забезпечується за допомогою трифазної

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						79
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

напруги 220/380 В з частотою 50 Гц з глухо заземленою нейтраллю.

Оскільки підлога приміщення виготовлена з залізобетону. Відповідно до ПУЕ приміщення є з підвищеною небезпекою .

Оскільки установка з глухо заземленою нейтраллю, то використовуємо захисне занулення (рисунок 5.2).

Занулення виконують за допомогою з'єднання електричних металічних частин електроустановок з точкою заземлення джерела струму за допомогою нульового захисного провідника.

В аварійному режимі

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{z + r_0} = \frac{220}{0,2 + 0,4} = 366,67 \text{ A} > 300 \text{ A}$$

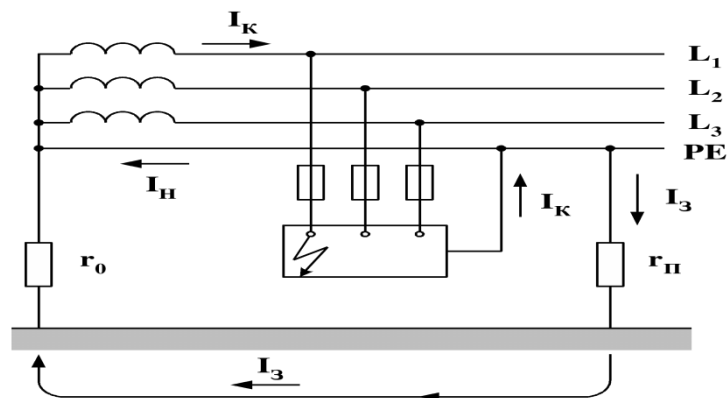


Рисунок 5.2 – Захисне занулення

Вимоги до занулення: $I_{н.з.} \geq 3I_{ном.}$ Параметри відповідають ГОСТ 12.1.030-87.

5.3 Виробничий шум та вібрації

Джерелом виробничого шуму та вібрації є компресор $\Sigma 95$ дБА.

Шум - це сукупність звуків різної інтенсивності і частоти, безладно змінюються в часі, що виникають у виробничих умовах і викликають у працівників неприємні відчуття і об'єктивні зміни органів і систем. Оцінюють шум в діапазоні частот від 45 до 11000 Гц. При акустичних вимірах визначають рівні звукового тиску в межах частотних смуг, рівних октаві (смуга частот, у

якій відношення верхньої граничної частоти до нижньої дорівнює 2).

Для характеристики інтенсивності шуму прийнята вимірювальна система, що враховує наближену логарифмічну залежність між подразненням і слуховим сприйняттям шкала бел (або децибел - дБ). За цією шкалою кожна наступна ступінь інтенсивності звуку більша за попередню в 10 разів.

Заходи по боротьбі з шумом поділяються на організаційно-технічні, архітектурно-планувальні та лікувально-профілактичні, а саме:

- усунення причин виникнення шуму або зниження його в джерелі;
- застосування звукоізоляції, звукопоглинання, демпфірування і глушників шуму (активних, резонансних, комбінованих);
- пристрій «плаваючих» підлог;
- угруповання гучних приміщень в одній зоні будівлі і відділення їх коридорами;
- використання засобів індивідуального захисту;
- введення регламентованих додаткових перерв;
- проведення обов'язкових попередніх та періодичних медоглядів.

Шум, будучи загально біологічним подразником, впливає не тільки на слуховий аналізатор, але діє на структури головного мозку, викликаючи зрушення в різних функціональних системах організму. Серед численних проявів несприятливого впливу шуму на організм людини виділяються: зниження розбірливості мови, неприємні відчуття, розвиток втоми і зниження продуктивності праці, поява шумовий патології. Фактичні рівні шуму 67 дБА відповідають ДСН 3.3.6.037-99.

Лінія для очистки води знаходиться в приміщенні довжиною 30 м , шириною 10 м, висотою 6 м і об'ємом 1800 м³.

Потрібно визначити величину додаткового звукопоглинання ΔA_n для точки, розташованої на віддалі 6 м від джерела шуму і вибрати конструкцію звуко поглинача.

Величина граничного радіусу:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						81
Змн	Днк	Но докум	Підпис	Лс		

$$r = 0,2\sqrt{B_{8000}} \quad r = 0,2\sqrt{B_{8000}} = 0,2\sqrt{600} = 4,9 \text{ м.}$$

Категорія приміщення б (3 жорсткими меблями або з невеликою кількістю людей і м'якими меблями (лабораторії, ткацькі та деревообробні цехи, кабінети і т. п.).

$$\text{Звідки } B_{1000}=100\text{м}^2,$$

$$B_{8000}=\mu B_{1000}.$$

де μ частотний множник.

Для середньо геометрична частоти 800 Гц обираєм частотний множник

$$\mu = 6.$$

$$\text{Тоді } B_{8000}=\mu B_{1000}=100\cdot 6=600 \text{ м}^2.$$

Величина очікуваного рівня звукового тиску визначається за формулою:

$$L = L_p + 10 \cdot \lg(a/S + 4/B)$$

$$L = L_p + 10 \cdot \lg(a/S + 4/B) = 93 + 10 \cdot \lg(1/(2 \cdot \pi r^2) + 4/600) = 73$$

де L_p — октавний рівень звукової потужності шуму, дБ;

$S = \pi r^2 = 560$ — площа уявної поверхні правильної геометричної форми, що оточує джерело і проходить через розрахункову точку (стеля – 300 м² і стіни - 260 м²), м²;

$$a = 1;$$

$$r = 6 \text{ м.}$$

Тоді необхідне зниження рівнів звукового тиску в розрахунковій точці від одного джерела шуму визначається як різниця очікуваного рівня звукового тиску в розрахунковій точці до реалізації заходів щодо зниження шуму L та допустимого рівня $L_{\text{доп}}$:

$$\Delta L_n = L - L_{\text{доп}}$$

$$L_{\text{доп}}(\text{ГС-75}) = 70.$$

$$\Delta L_n = L - L_{\text{доп}} = 73 - 70 = 3 \text{ дБ.}$$

При визначенні $L_{\text{доп}}$ приймаємо криву граничного спектра ГС-75.

Вибираємо плити “Вініпор” напівжорсткі товщиною 50 мм з повітряним прошарком 150мм.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						82
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

Додаткове звукопоглинання, м²

$$S_{\text{ліч}} = \Delta A_{\text{н}} / a_{\text{ліч}} = 250 / 1 = 250$$

Використання для акустичної обробки цеху звукопоглинальних плит забезпечує зниження рівнів відбитого звуку 67 дБА, а рівні звукового тиску в контрольній точці відповідають ДСН 3.3.6.037-99.

В якості індивідуального захисту проти шуму пропонується використовувати навушники ПШН-Б, що призначені для захисту органів слуху від впливу середньо- та високочастотного шуму з рівнем до 115 дБА.

Характеристики електродвигунів відповідно до ГОСТ 16372-84 перевищують передбачені ДСН норми допустимих рівнів шуму, маємо за необхідності вжити заходів щодо зниження шуму до нормативних значень.

5.4 Пожежна безпека та надзвичайні ситуації

На місці роботи оператора можуть займатися: дерев'яні та термопластичні елементи, машинне масло, електроприводи, та електрообладнання. Тому це приміщення відноситься до категорії В та зони пожежонебезпеки класу П-Па за ПУЕ

Приміщення де оператор керує установкою відноситься до приміщень категорії В (ОНТП-24-86).

Згідно ПУЕ клас зони установки П-Па. Стійкість споруди за ПУЕ відповідає ступеню вогнестійкості ІІ.

Система попередження вибухів і пожеж.

- Підтримуються відповідні значення температур та тиску середовища, за яких поширення полум'я виключається;
- максимально механізовані та автоматизовані технологічні процеси;
- видаляються пожежно небезпечні відходи виробництва.
- Використовуються машини, механізми, устаткування, пристрої, при експлуатації яких не утворюються джерела запалювання;

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						83
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

- використовуються швидко дійні засоби захисного відключення можливих джерел запалювання;
- використовуються технологічні процеси і устаткування, що задовольняє вимогам статичної іскробезпеки;
- встановлені комбінуючі протипожежні сповіщувачі;
- температури нагріву поверхні машин, устаткування, пристроїв, речовин і матеріалів, які можуть увійти в контакт з горючим середовищем, підтримуються нижче гранично допустимої, яка не повинна перевищувати 80% температури самозаймання горючого середовища;
- наявні два евакуиходи з шириною 2,5 м, відстань до них з будь якої точки цеху не більше 15 м;
- виключається можливість появи іскрового розряду в горючому середовищі з енергією, яка дорівнює або перевищує мінімальну енергію запалювання;
- використовується інструмент, робочий одяг і взуття, які не викликають іскроутворення при виконанні робіт;
- зменшується розмір горючого середовища нижче гранично допустимого за горючістю;
- виконуються вимоги чинних стандартів, норм та правил пожежної безпеки;
- використовується електроустаткування, що відповідає за своїм виконанням пожежонебезпечним та вибухонебезпечним зонам, групам та категоріям вибухонебезпечних сумішей.

При виникненні пожежі використовують порошковий вогнегасник такий як:"Сам 9" з площею гасіння $S=12 \text{ м}^2$ для пожежогасіння без участі людини. Органи дихання захищають повітряним апаратом типу МПА-4х20.

5.5 Надзвичайні ситуації

У випадку надзвичайних ситуацій ступінь руйнування будівлі, споруди

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						84
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

чи обладнання залежить від їх міцності та величини надмірного тиску ударної хвилі. Величина надмірного тиску, в свою чергу, залежить від типу і кількості вибухової речовини та відстані від центру вибуху до дослідного об'єкта.

Під час вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів величина надмірного тиску залежить від того в яку фізичну зону вибуху потрапить об'єкт. Таких зон утворюється 3 (рисунок 5.4):

Зона 1 – детонаційної хвилі.

Зона 2 –дії продуктів вибуху.

Зона 3 – дії ударної хвилі.

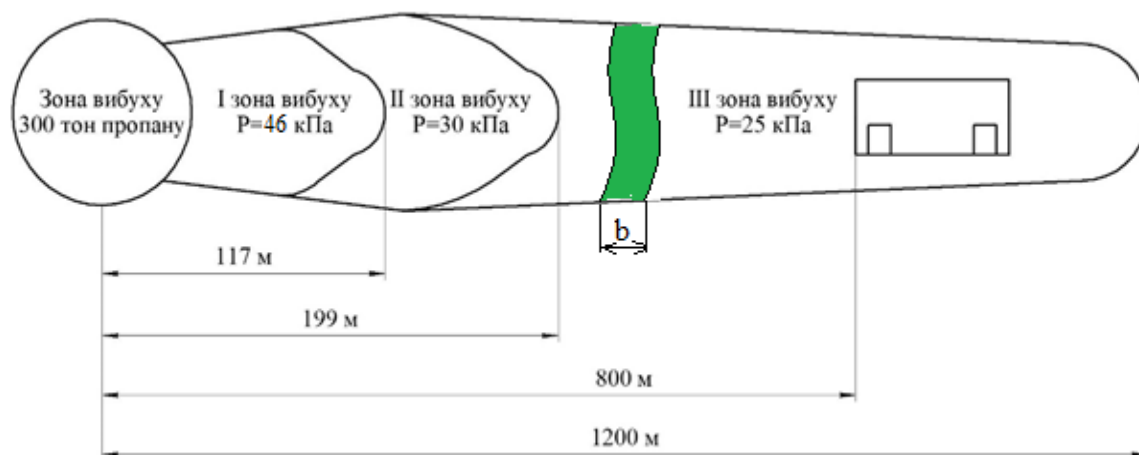


Рисунок 5.4 – Ураження вибухом

Ударна хвиля вибуху уражає людей шляхом прямої та непрямої дії. Пряма дія відбувається безпосередньо надмірним тиском УХ і може викликати травми.

У випадку якщо в сусідньому приміщенні є сховище з вибухонебезпечними предметами (300 т зрідженого пропану). Приблизна відстань до центру вибуху 800 м.

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L^3}{Q}} - 1} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{800^3}{300}} - 1} = 22,915 \text{ кПа}$$

де L – відстань до центру вибуху, м

Q – кількість вибухової речовини, т.

Залежно від надмірного тиску ΔP_{ϕ} ступінь ураження людей Легкі травми - легка контузія організму, часткова втрата слуху, вивихи кінцівок. Крім того, зруйнована будівля викличе непряму дію.(проявляється через ураження людей уламками зруйнованих будівель) ударної хвилі на людей.

Відповідно до правил пожежної безпеки. У виробничі будівлі, споруди, устаткування при одноразовому знаходженні на поверсі більше 10 осіб мають бути розроблені і на видних місцях вивішені плани (схеми) евакуації людей при пожежі. План евакуації зображений на рисунку 5.5.

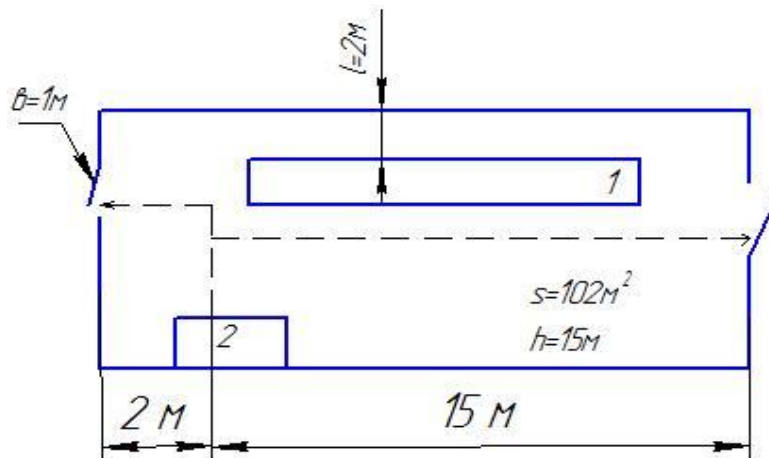


Рисунок 5.5 – План евакуації

Пожежний вихід має бути не більше ніж за 40 метрів і основними вимогам є: Пожежні гідранти мають бути встановлені на відстані 30 метрів одне від одного та мати рукава довжиною до 10 метрів

Пожежний вихід має бути не більше ніж за 40 метрів.

6.Рекомендації щодо виготовлення, монтажу та експлуатації

Рекомендації розроблені відповідно до матеріалів викладених в [19]. Для забезпечення нормальної роботи випарного апарату, в продовж всього терміну експлуатації, необхідно перш за все приділити увагу точності виготовлення та підгонці деталей при складанні. Важливою є вивірка положення вузлів, деталей та розташування трубопроводів під час монтажу.

Монтаж обладнання виконують на основі монтажно́ї, виконавчої, технічної та нормативної документації. Основні вимоги що до виготовлення, контролю та монтажу частково викладені у кресленнях загального вигляду та кресленнях складальних одиниць, і відповідають ГОСТ 15.005 – 86.

Складальні частини мають стропувальні пристрої, відповідно до ГОСТ 14115 – 85. Корпус апарату розрахований з врахуванням навантажень, які виникають під час монтажу.

Внутрішні частини обладнання і трубопроводів заздалегідь мають бути очищені від забруднень та продуктів корозії. Вони вже мають містити підготовлені стикувальні поверхні, отвори, кронштейни, мати підготовлені крайки з'єднань що підлягають зварюванню, тощо.

Складальні роботи з монтажу полягають в установці апарату на фундаменті, і приєднанні допоміжного устаткування: вузлів, деталей, трубопроводів, установці теплової ізоляції, приладів контролю й автоматичного регулювання. На процес монтажу негативно впливають дефекти конструкції і виготовлення апаратури, тому їх намагаються позбутися заздалегідь.

Фундаментом вважають опорну частину обладнання, яка рівномірно передає тиск на ґрунт в залежності від маси апарата. Його найчастіше використовують для встановлення важкого, великогабаритного і відповідального обладнання. Для встановлення обладнання що працює у спокійному режимі використовують підлоги і перекриття будівель. Для випарного апарату, як обладнання що працює в помірному режимі доцільно буде використати фундамент виконаний з цегли, або бетону марки 75. Монтаж

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						87
Змн	Днк	Но докум	Підпис	Пд		

дозволяється при досягненні міцності бетону не менше 50% від проектного розрахунку. Від якості закріплення обладнання на фундаменті безпосередньо залежить його працездатність, перекося не допустимі, тому для більш точного монтажу використовують фундаментні болти.

Установка апарату виконується методом підрошування. Контролювати варто за допомогою рівня встановленого на контрольній площадці. При установці апаратів їх піддають вивірці по осях.

Випарний апарат із співвісною гріючою камерою та виносною циркуляційною трубою складається із трьох основних елементів: сепаратора – I, гріючої камери – II, циркуляційної труби – III.

Проектом монтажно – складальних робіт передбачається наступна послідовність операцій складання:

Сепаратор, що складається з циліндричного корпуса до якого приварене конічне днище та за допомогою фланцевого з'єднання приєднана еліптична кришка, встановлюється на опорну обичайку. В середині, сепаратора розміщений краплєвловлювач. Для очистки сепаратора на корпусівстановлений люк.

Гріюча камера являє собою кожухотрубний теплообмінний апарат з довжиною труб шість метрів. Вона складається з циліндричного корпуса з компенсатором, до якого з двох сторін приварені трубні решітки в яких розміщено трубний пучок. Знизу камера за допомогою фланцевого з'єднання приєднується днище, а зверху до сепаратор. Гріюча камера додатково встановлюється на чотири власні опори лапи.

Для підвищення природної циркуляції розчину, циркуляційна труба винесена на зовні. За допомогою фланцевого з'єднання труба кріпиться до колін, та з'єднує між собою сепаратор та гріючу камеру.

Також встановлюються площадки та сходишки для обслуговування і контрольно-вимірювальні прилади.

Герметизуються місця з'єднання кришок, фланців тощо.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						88
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Після проводяться випробування апарата на герметичність, теплоізолюють його, випробовують та здають в експлуатацію.

Проектом монтажно-складальних робіт для апарату зворотного осмосу передбачається наступна послідовність операцій складання: Мембранні модулі з'єднуються між собою перехідниками і далі вставляються в корпус і закриваються кришками. Трубопроводи приєднуються на фланці

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						89
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – установлення та виконання стандартів. Ціль якою є впорядкування діяльності у деякій галузі або області. Це необхідно для більш економного і доцільного використання наявних ресурсів, дотримання умов та вимог техніки безпеки, покращення якості та здешевлення продукції і послуг[23].

Уніфікація – зведення засобів виробництва, продукції або їх окремих елементів до однієї структури, складу, форми та розмірів. Рівень стандартизації і уніфікації визначається відповідним коефіцієнтом застосовності. Який визначається за [30], затверджений державним стандартом України.

Рівень передбачає усунення різноманітності в конструкції деталей, елементів, різноманітних вузлів, в сортаменті матеріалу, формах документації.

Рівень стандартизації та уніфікації визначає насичення виробу стандартизованими та уніфікованими деталями, та оцінюється відповідними коефіцієнтами.

Рівень стандартизації випарного апарату становить:

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{515}{529} \cdot 100\% = 96,5\% ,$$

де $N = 529$ шт. - загальна кількість деталей;

$n_c = 515$ шт. - кількість стандартних деталей.

Рівень уніфікації випарного апарату становить :

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{N} \cdot 100\% = \frac{515 + 6}{529} \cdot 100\% = 98\% ,$$

де $n_y = 6$ шт. - кількість уніфікованих деталей.

Рівень стандартизації мембранного апарата становить:

$$K_c = \frac{n_c}{N} \cdot 100\% = \frac{126}{140} \cdot 100\% = 90,6\% ,$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Дпк
						90
Змн	Дпк	Но докум	Підпи	Лп		

де $N = 140$ шт. - загальна кількість деталей;

$n_c = 126$ шт. - кількість стандартних деталей.

Рівень уніфікації мембранного апарата становить:

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{N} \cdot 100\% = \frac{126 + 6}{140} \cdot 100\% = 94\%,$$

де $n_y = 6$ шт. - кількість уніфікованих деталей.

Висновок: згідно з отриманими даними робимо висновок, що рівень стандартизації 96,5%, для випарного апарату та 90,6% для мембранного, уніфікації 98% , 94% відповідно, високий. Це суттєво спрощує проектування та виготовлення випарного апарату та сепаратора.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						91
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

8 Стартап-проект

8.1 Опис ідеї

Бізнес-ідея: Модернізація сітки-сепаратора мембрани зворотного осмосу.

Корисна модель належить до обладнання розділення розчинів, зокрема для мембранного обладнання очищення сирової води. Таке обладнання використовують у фармацевтичній, медичній та інших галузях промисловості.

Поставлено задачу підвищити інтенсифікацію процесу очищення води, яка вирішується за рахунок того, що сітка-сепаратор буде виконана з'єднаними між собою кільцями. Це забезпечує відстань між шарами мембрани та турбулізацію потоку без порушення суцільності.

Таблиця 8.1 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Модернізація сітки-сепаратора мембрани зворотного осмосу для повторного використання.	Аграрна, фармацевтична, хімічна промисловості.	За рахунок того, що мембрани можна використовувати повторно, зменшуються витрати на закупівлю нових.
		Збільшення продуктивності при проведенні процесу

Даний підхід надає можливість представити користувачу повний спектр послуг. Порівняння буде проводитись з продавцями мембранних модулів. Найбільш популярними торговими марками є RemontOsmos та Ecosoft (табл 8.2).

Таблиця 8.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						92
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

характеристик
ідеї проекту

№ п/п	Техніко- економіч ні характер истики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабк а сторо на)	N (нейтрал ьна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Remont Osmos	Ecosoft	Aqua- ua			
1.	Вартість, грн	від 400	від 600	1000	700	-	-	+
2.	Асортимент обладнання	Можливість відновлення будь-якого модуля	Не завжди обладнання є наявним на складі	Можливість відновлення модуля	Не завжди обладнання є наявним на складі	-	+	+
3.	Кількість разів повторного використання	5	2	4	4	-	+	-

Основною перевагою над конкурентами є: гарантоване отримання більш

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Друк
						93
Змн	Друк	№ докум	Підпис	Дата		

високих результатів за короткий термін роботи модернізації. Визначений перелік сильних (асортимент обладнання, кількість разів повторного використання, вартість послуги) характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці 8.3.

Таблиця 8. 3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Шлях регенерації	Модернізація сітки-сепаратора мембрани зворотного осмосу.	Дані технології існують. В доробці їх є необхідність.	Дані технології знаходяться відкритому доступі.

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: є можливою

Проаналізувавши технологічну здійсненність проекту можна зробити висновок, що проект можна реалізувати. Для реалізації проекту обрано технологію регенерації мембранних модулів гідродинамічним методом зважаючи на необхідність цих методів в доробці.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						94
Змн	Днк	№ докум	Підпи	Ла		

Для цього спочатку проводився аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку, таблиця 8.4.

Таблиця 8.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	7 млн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Фінансові, особистісні, цінові
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ГОСТ, ДСТУ, ISO
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	90%

Визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та сформовано орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи, таблиця 8.5. Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8. 5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Потреба у багаторазовому повторному використанні мембранних модулів.	Підприємств, що займаються очисткою води	1)ДСТУ, ГОСТ, ISO 2)повторне використання мембрани.	- якість води (кількість солей та мінералів); - економічна ефективність;

Проаналізуємо докладно фактори маркетингового середовища (табл. 8.6-8.11), на основі яких виділимо фактори загроз (табл. 8.12) і фактори можливостей (8.13).

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						96
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця 8.6 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Висока вірогідність появи нових конкурентів	Тенденції зміни числа конкурентів	Зниження ціни
2	Політичні конфлікти між країнами	Може вплинути на продаж мембран	Зміна напрямків роботи : обслуговування мембран.
3	Соціально-культурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Впливає на купівлю/продаж мембран	Пошук нових клієнтів для виробництва мембран у тому числі закордоном

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						97
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця 8.6 - Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Науково-технічний Поява нових мембран.	Створення нових модернізацій.	Розробка нового обладнання та технології. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію
2	Соціально- культурні: Консервативність поглядів споживачів	Небажання споживачів використовувати нові технології	Пояснення споживачам, що пропоновані послуги зможуть підвищити ефективність використання мембран

Надалі були визначені загальні риси конкуренції на ринку (табл. 8.8).

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						98
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

8.8 - Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Монополістична	Наявність компаній, що надають різноманітні послуги і що конкурують між собою.	Створення послуг обслуговування мембран під замовлення.
За рівнем конкурентної боротьби: національний	Менше компаній-конкурентів, за рахунок того, що іноземні компанії не конкурують з національними.	Створення нової технології виготовлення мембран.
За галузевою ознакою: Міжгалузева	Конкуренція за більш вигідні умови.	Створення удосконаленого обладнання
За видами товарів: Товарно-родова	Зосередження конкурентоспроможності на виготовленні та обслуговування мембран	Постійний моніторинг ринку щодо появи нових продуктів (технологій)
За характером : цінова	Головним засобом боротьби є ціна	Зменшення ціни (за рахунок зменшення витрат).
За інтенсивністю: Не марочна	Репутація проекту	Створення високого рівня ділової репутації, що сприятиме пізнаванності стартапу

Змн	Дрк	Но докум	Підпи	Ла

ЛН81мп.066231.000ПЗ

Дрк

99

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.7 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	RemontOsmos та Ecosoft	Визначити бар'єри входження в ринок	Визначити фактори сили постачальників	Визначити фактори споживачів	Фактори загроз з боку замінників
Висновки:	Фірми, що надають схожі послуги	Можливості в ходження в ринок є, оскільки потребується очищення великої кількості мембран	Транспортування мембранних модулів відбувається своїми силами	Клієнту завжди необхідно: Конкурентно спроможні послуги За низькою ціною	Ми маємо конкурентну перевагу – це нижча ціна, та унікальна технологія

Можна зробити висновок, що для того щоб проект був конкурентоспроможним на ринку він повинен бути інноваційним, щоб подолати всі бар'єри на стадії розвитку. Та з огляду на конкурентну ситуацію на ринку, доведено потенційні можливості існування стартапу.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в (таблиця 8.9), а також із

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						100
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.3), вимог споживачів до товару (таблиця 8.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця № 8.6 - 8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблиця. 8.10.

Таблиця 8.8 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Повторне використання мембран. Сервісне обслуговування.
2	Швидкість	Надання послуг в короткі терміни
3	Екологічність	Безвідходне виробництво

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 8.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 8.11).

Таблиця 8.11 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	11			△	□		◇	
2	Надійність	10			□	◇			
3	Швидкість	14			□	△	△		

- ◇ – даний проект ;
 △ – Ecosoft;
 □ – RemontOsmos .

Сильні сторони проекту: ціна

Таблиця 8.9. - SWOT- аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Унікальність технології 2. Енергоефективність. Робота за вільним графіком працівників 3. Ефективність 4.Робота за вільним графіком працівників 5.Універсальність застосування модернізованого обладнання 	<p>Слабкі сторони :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Малий досвід роботи на ринку 2. Низька дохідність проекту.
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Можливість виходу на закордонний ринок - Створення нових технологій регенерації - Залучення до співпраці фахівців в інженерії - Модернізація та проектування нового обладнання 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Поява сучаснішого обладнання -Витіснення конкурентами компанії з ринку - Політичні конфлікти між країнами

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.13).

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						102
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця 8.10 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Виготовлення модернізованих апаратів, які можна застосовувати в будь яких галузях промисловості	85%	1 рік
2	Обслуговування апаратів	75%	8 місяців

Найоптимальніший шлях вирішення управлінської проблеми – адекватне комбінування напрямів та шляхів розв’язання проблеми, всебічне просування власного бренду, неупинна праця над якістю та енергоефективністю товару.

8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 8.14).

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						103
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця 8.14 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входження у сегмент
1.	Підприємства, що використовують у своєму виробництві очищення води	83%	80%	Низька	Фірма може створити продукт, що має переваги над товарами конкурентів, завдяки своїй новизни.
2.	Державний сектор харчова промисловість	75%	65%	Достатня конкуренція	Високі бар'єри входу на ринок

Які цільові групи обрано: підприємства, що займаються очищенням води різних рівнів.

Для здобуття репутації компанії потрібно починати з приватних компаній. Вибрано стратегію диференційованого маркетингу для охоплення ринку.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 8.15).

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						104
Змн	Днк	№ докум	Підпи	Ла		

Таблиця 8.15 - . Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Ринкове позиціонування	Диференціація структури маркетингу.	Передбачає надання послуг важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять послугу відмінною від послуг конкурентів.	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 8.16).

Таблиця 8.16 - Визначення стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	Передбачається розвиток ринку	Ні	Стратегія наслідування лідера Ecosoft

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, таблиця 8.4, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку, таблиця 8.14, та стратегії конкурентної поведінки, таблиця 8.15, розроблено стратегію позиціонування, таблиця 5.17, що полягає у

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						105
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельний проект.

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/ п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспромож ні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Підвищення ефективності, енергоефектив ності	Стратегія диференц іації	Ефективність, енергоефективність	Тривалі контракти Екологічність

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Підвищення ефективності регенерації мембранних модулів, енергоефективності.	Збільшення чистого прибутку.	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Сучасні технології - Екологічність

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;

- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;

- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;

- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;

- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;

- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;

- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;

- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;

- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;

- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Дпк
						107
Змч	Дпк	Но докум	Підпи	Лп		

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Послуга за задумом	Більший час експлуатації мембран		
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Надійність	–/+	+ /+ /+ /+ /+
	2. Ресурсозбереження		
	3. Доступна ціна		
	4. Інноваційні технології		
	Якість: нормативи, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Пакування– відсутнє		
	Марка: назва організації-розробника назва товару		
III. Послуга із підкріпленням	До продажу : <ul style="list-style-type: none">• підписання довготривалого контракту;• доставка;• різні способи оплати;		
	Після продажу: <ul style="list-style-type: none">• Гарантія якості продукції		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання.			
Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв’язку проблеми.			

Захист буде організовано за рахунок захисту ідеї товару у патентному відомстві.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (таблиця 8.20).

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						108
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	Відповідно до розміру мембран, ціна на регенерацію варіюється від 400 до 900 грн/штука	Відповідно до розміру мембран, ціна на нове обладнання від 800 до 1200 грн/штука	Промисловий ринок залежить від замовлення послуг	Верхня: 30000 грн Нижня: 10000 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21).

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						109
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Закупівля оптом	Якість послуги, швидкість перевезення до клієнта	Нульовий рівень. Адже використовуються власні сили	Власні сили

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту).

Останньою і основною складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						110
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця 8.22 - Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Цільові клієнти орієнтовані на використання вузько- спеціалізованих комунікацій, очищення води	Інтернет та соціальні мережі, реклама , виставки, семінари,	Спеціалізовані виставки. Присвячені технологіям очистки води	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення	«Рушійна сила інновацій»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

8.6 Висновки до розділу

Визначено сильні, слабкі та нейтральні характеристики розробленого проекту, проведено порівняння техніко-економічних характеристик з аналогічними апаратами, що дозволило нам зробити попередні висновки щодо доцільності реалізації даного проекту;

☐ Обрано стратегію посилення сильних сторін за рахунок використання ринкових можливостей, так як імовірність отримання ресурсів найбільша, а строк реалізації найменший;

☐ Наявність попиту, що визначається потребою підвищення ефективності, енергоефективності, свідчить про можливість ринкової комерціалізації проекту;

☐ Маркетингові дослідження обраного сегменту ринку, оцінки рівня та динаміки конкуренції в базовій та спорідненій галузях, дозволяють стверджувати про перспективи створення та розвитку стартап-проекту.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						112
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Висновки

У магістерській дисертації на тему «Розроблення випарного і мембранного апаратів для модернізації установки карбонату калію» вирішено важливу науково-технічну проблему та розроблено мембранний і випарний апарат для модернізації установки виробництва карбонату калію.

Проведено опис технологічного процесу виробництва, підібрано мембранний та випарний апарат, вибрано технічні характеристики цих апаратів, обґрунтовано обрані конструкції апаратів, порівняно основні показники розроблених конструкцій з аналогами; проведено патентний пошук, розроблені заходи, щодо вимог охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність апаратів, частина розрахунків виконана у вигляді програм з описом методик розрахунків, подано рекомендації з монтажу та експлуатації, оцінено рівень стандартизації та уніфікації розроблюваних апаратів, розроблено стартап проект, проведено розробку технологічного процесу виготовлення деталі та схеми автоматичного керування технологічним процесом.

Модернізація спрямована на сітку-сепаратор, що виконана з'єднаними між собою кільцями. Це забезпечує відстань між шарами мембрани та турбулізацію потоку без порушення суцільності. Це підвищить інтенсифікацію процесу очищення води

Графічна частина проекту містить вісім креслень в перерахунку на формат А1, до складальних креслень складено специфікації.

Наукова частина дисертації містить результати досліджень процесу оцінки ефективності конструкції сітки сепаратора методами обчислювальної гідродинаміки. За результатами роботи отримано деклараційний патент України на корисну модель сітки-сепаратора, опубліковано три тези доповідей на міжнародних конференціях та наукову статтю.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						113
Змн	Днк	№ доквм	Підпи	Лс		

Выводы

В магистерской диссертации на тему «Разработка испарительного и мембранного аппаратов для модернизации установки производства карбоната калия».

Проведено описание технологического процесса производства, подобрано мембранный и выпарной аппарат, выбрано технические характеристики этих аппаратов, обоснованно выбраны конструкции аппаратов, по сравнению основных показателей разработанных конструкций с аналогами; проведен патентный поиск, разработанные мероприятия по требованиям охраны труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность аппаратов, часть расчетов выполнена в виде программ с описанием методик расчетов, даны рекомендации по монтажу и эксплуатации, оценен уровень стандартизации и унификации разрабатываемых аппаратов, разработаны стартап проект, проведена разработка технологического процесса изготовления детали и схемы автоматического управления технологическим процессом.

Модернизация направлена на сетку-сепаратор, выполнена соединенными между собой кольцами. Это обеспечивает расстояние между слоями мембраны и турбулизацией потока без нарушения сплошности. Это повысит интенсификацию процесса очистки воды

Графическая часть проекта содержит восемь чертежей в пересчете на формат А1, в сборочных чертежах составлены спецификации.

Научная часть диссертации содержит результаты исследований процесса оценки эффективности конструкции сетки сепаратора методами вычислительной гидродинамики. По результатам работы получено декларационный патент Украины на полезную модель сетки-сепаратора, опубликовано три тезиса докладов на международных конференциях и научную статью.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						114
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Conclusions

The Master's thesis on "Development of evaporator and membrane apparatus for modernization of potassium carbonate production plant it was "solved an important scientific and it was technical problem and developed a membrane and evaporator apparatus for the modernization of the installation of the production of potassium carbonate..

The description of technological process of production is made, the membrane and evaporator apparatus is selected, the technical characteristics of these devices are selected, the selected designs of the devices are substantiated, the basic indicators of the developed structures with analogs are substantiated; patent search is made, measures are developed, labor protection requirements, calculations confirming the efficiency and reliability of the apparatus, part of the calculations were made in the form of programs with description of calculation methods, recommendations for installation and operation, evaluation of standardization and unification of developed apparatus, evaluation the project, the technological process of manufacturing the part and the scheme of automatic control of the technological process were developed.

The modernization is directed to a grid-separator made of interconnected rings. This ensures the distance between the membrane layers and the flow turbulence without breaking the continuity. This will increase the intensification of the water purification process

The graphic part of the project contains eight drawings in terms of A1 format, and the drawings have specifications.

The scientific part of the dissertation contains the results of research into the process of evaluating the efficiency of separator grid design by computational fluid dynamics. As a result of the work, a declarative patent of Ukraine for a utility grid-separator model was obtained, three abstracts were published at international conferences and a scientific article.

Перелік посилань

1. Позин М.Е «Технология минеральных солей ч1» - 1974- 792 стр
2. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: 1991. - 496с.
3. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1981. – 382 с., ил
4. Патент № WO009155 Япония, МПК(2006.1) B01D1/10, B01D5/00, заявлено 09.08.2018, опубл. 21.08.2018
5. Патент України № U127839U, МПК B01D 1/22(2006.001), заявл 26.02.2018, опубл. 27.08.2018
6. Патент № 123456UУкраїна, МПК(2006.01) B01D1/22, заявлено 02.10.2018, опубл. 26.02.2019
7. Патент № EP3159054A1 США, МПК(2006.01) B01D1/22, F28D 7/10, заявлено 19.10.2017, опубл. 26.04.2018
8. Патент № US2018/0117493F1 США, МПК(2006.01) B01D1/22, B01D5/00, B01F7/18, B01F15/06, B01F7/00 заявлено 30.08.2016, опубл. 02.06.2018
9. Патент № US0207586A1 США, МПК(2006.01) B01D61/10, B01D61/02, C02F1/44 заявлено 26.07.2016, опубл. 26.07.2018
10. Патент № CN108355495A Китай, МПК(2006.01) B01D61/08, C02F1/44 заявлено 19.04.2018, опубл. 03.08.2018
11. Патент № CN108341462A Китай, МПК(2006.01) C02F101/20 заявлено 25.08.2018, опубл. 31.07.2018
12. Патент № CN108246103A Китай, МПК(2006.01) B01D61/08, C02F1/20 заявлено 29.12.2016, опубл. 06.07.2018
13. Патент CN207608362U Китай, МПК(2006.01) C02F1/44 заявлено 16.11.2017, опубл. 13.07.2018
14. Патент України № U201906414, МПК B01D 61/02 (2006.01),

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Дпк
						116
Змн	Дпк	Но докум	Підпи	Лп		

опубл.10.07.19, Бюл.№13.

15. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. — Л.: Химия, 1991. — 352 с., ил.

16. Машины и аппараты химических производств. Под ред. И.И. Чернобыльского Изд. 3-е, перераб. и доп. — М: «Машиностроение», 1975. — 454 с

17. ГОСТ 14249 - 89: Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность

18. Андреев І.А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб./ — К: НТУУ «КПІ», 2011. — 272 с. — 300 пр.

19. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання та розрахунок фланцевого з'єднання»: Навч. посібник /. — К.НМК ВО, 1992 — 104 с.

20. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень»: Навч. посібник. — К.:ІСДО, 1995 — 184 с.

21. Мікульонок І.О. Проектування теплової ізоляції обладнання хімічних виробництв Навч посібник — К НАУК ДУМКА, 1999 — 152с.

22. Гулієнко С.В «модельовання процесів мембранного розділення»: Навч.посібник КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. — 104 с.

23. Основы охраны праці/ [Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін.]; під ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. —[2 — е вид.]. — Київ: Основа, 2006. — 448 с.

24. Гайдамак К.М., Тыркин Б.А. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности Москва "ВЫСШАЯ ШКОЛА" 1974 г., стр. 286.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						117
Змн	Днк	Но докум	Підпис	Лс		

25. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. - К.: НТУУ "КПІ", 2011. -Ч. 2. - 416 с.

26. РД 50-33-80 Методические указания. Определение уровня унификации и стандартизации изделий.

27. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437..>

28. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

29. Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266.

30. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

31. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						118
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>

32. Мулдер М. Введение в мембранную технологию : пер. с англ. / М. Мулдер. - Москва: Мир, 1999.

33. Ahmad A.L., Lau K.K. "Impact of different spacer filaments geometries on 2D unsteady hydrodynamics and concentration polarization in spiral wound membrane channel", Journal of Membrane Science, 286, pp. 77–92, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.09.018>

34. Koutsou C.P., Yiantsios S.G., Karabelas A.J. "A numerical and experimental study of mass transfer in spacer-filled channels: Effects of spacer geometrical characteristics and Schmidt number", Journal of Membrane Science, 326, pp. 234–251. 2009. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.10.007>

35. Lau K.K., Abu Bakar M.Z., Ahmad A.L., Murugesan T. "Feed spacer mesh angle: 3D modeling, simulation and optimization based on unsteady hydrodynamic in spiral wound membrane channel”, Journal of Membrane Science, 343, pp. 16–33, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2009.07.001>

36. Li Y.-L., Tung K.-L. "CFD simulation of fluid flow through spacer-filled membrane module: selecting suitable cell types for periodic boundary conditions", Desalination, 233, pp. 351–358, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2007.09.061>

37. Shakaib M., Hasani S.M.F., Mahmood M. " Study on the effects of spacer geometry in membrane feed channels using three-dimensional computational flow modeling", Journal of Membrane Science, 297, pp. 74–89, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2007.03.010>

Додаток А

Технологія виготовлення деталі «кришка»

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						120
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Додаток А

Технологічний процес виготовлення кришки

Вступ

Метою розділу дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – кришки.

Деталь – кришка для мембранного апарату, вона несе навантаження, оскільки вона навантажений внутрішнім тиском. Кришка конструктивно має форму тіла обертання, всі поверхні доступні для робочого інструменту, тобто з точки зору технологічності він не складний у виготовленні та для виробничого контролю.

В процесі виконання роботи вирішуються наступні завдання:

розробка технології виготовлення кришки, в яку входить вибір методу отримання заготовки і розрахунок припусків;

вибір устаткування і інструментів для кожної операції;

розрахунок режимів та сил різання;

розрахунок норм часу.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Валько				Технологія виготовлення		Літ.	Лист
Перев.	Двойнос						1	Листів
Реценз.					кришки мембранного		ЛН81мп.066231-000ПЗ	
Н. Контр.	Двойнос							
Затв.	Арк	№ докум.	Підпи	Да				
								Дпк
								121

А.1 Вибір і обґрунтування вибору заготовки

Фланець виготовлений з матеріалу – сталь 20Л.

Межа міцності (для даної сталі) [3]:

при розтягуванні $\tau_B = 600$ МПа ;

при згині $\sigma_n = 220$ МПа .

Знаючи матеріал деталі і вимоги креслення, використовуємо для отримання заготовки метод лиття у піщано-глинисті форми за металевими моделями з машинним формуванням, яка забезпечує досягнення 9-го класу точності у відповідності з ГОСТ 26645-85.

Конфігурація відливки досить проста і дозволяє легко витягнути її з форми і з допомогою фігурного стержня отримати литий отвір під діаметри: $\varnothing 290$ та $\varnothing 25$, вся відливка може формуватися в одній опоці і ливарна форма буде мати один плоский роз'їм, який дотикається до торця.

Вибраний спосіб виготовлення заготовки є досить якісним і точним, не потребує великих витрат на виготовлення ливарної оснастки та організацію дільниці.

Враховуючи розміри і матеріал деталі, невисокі вимоги до якості відливки та невисоку вартість лиття в піщано-глинисті форми, заготовку будемо отримувати литтям у форму з машинним формуванням за металевими моделями. Клас точності – дев'ятий згідно ГОСТ 26645-85.

Перевага площини розніму форми полягає в тому, що в ній знаходяться найбільші розміри заготовки, чим досягається мінімальна глибина формування, невеликі перепади розмірів відливки завдяки формувальним уклонам і добра якість відливки. Крім цього вся відливка формується в одній опоці і на її поверхні не буде дефектів, які виникають через зміщення опок.

Ескіз заготовки фланця показано на рисунку А.1.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						122
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Лс		

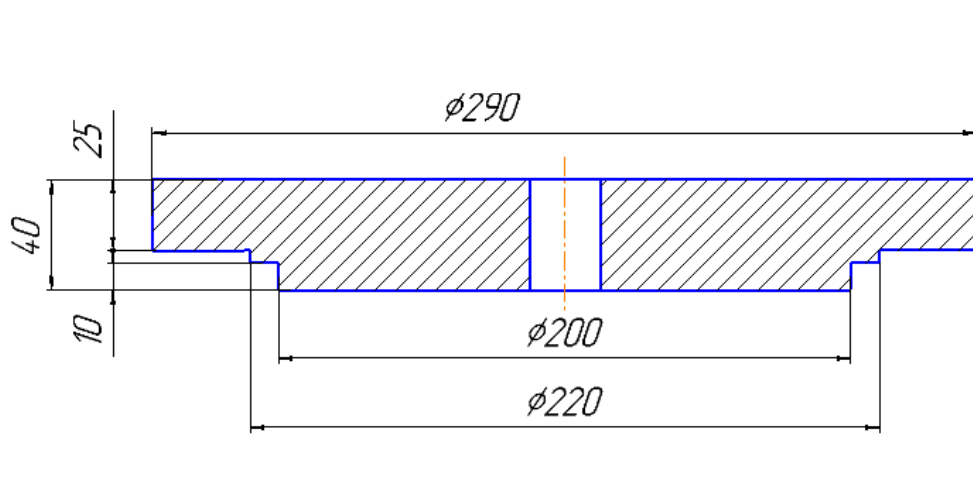


Рисунок А.1-Ескіз заготовки

А.2 Вибір та обґрунтування виду заготовки

Одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір форм заготовок, що дають найменші технологічні відходи. Безупинне підвищення точності заготовок і наближення їхніх форм до форм готових деталей різко скорочує галузь застосування різних методів обробки різанням і скорочує відходи металу в стружку.

А.2.1 Вибір виду заготовки та обґрунтування способу її виконання

Заготовка відноситься до класу простого сортового профілю. Точність гарячекатаного прокату приблизно відповідає 8 – 14 квалітету. Заготовку отримуємо з листового прокату розмірами 290×300×40 киснево-флюсовою газовою різкою. Деталь має форму диску, тому з урахуванням середньосерійного виробництва заготовка з листового прокату найекономічніша.

А.2.2 Визначення розмірів заготовки з допусками

Маса деталі $q = 58$ кг (згідно з кресленням).

Приймаємо межу маси заготовки:

$$Q = 60 \dots 75 \text{ кг}$$

Клас точності прокату Т3 за ГОСТ 7505–89 [23].

Об'єм простої описаної фігури:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						123
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

$$V_{\Phi} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot l}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,29^2 \cdot 0,04}{4} = 0,0026 \text{ м}^3;$$

Об'єм заготовки очікуваний:

$$V_n = V_{\Phi} - \left(n_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_1^2 \cdot l}{4} + n_2 \right) = 0,0026 - \left(8 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,020^2 \cdot 0,025}{4} \right) = 0,00254 \text{ м}^3;$$

Відношення $V_n/V_{\Phi} = 0,0026 / 0,00254 = 1,02$

Ступінь складності – С2 за ГОСТ 7505 – 89 [23].

Вихідний індекс – 14 за ГОСТ 7505 – 89 [23].

А.3 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

А.3.1 Розрахунок припусків аналітичним методом на обробку диску діаметром мм, h9

Розрахунок проводимо за методикою, викладеною в [24].

1 перехід – чорнове розточення h9, Ra 6,3

2 перехід – чистове розточення h12, Ra 1,6

Мінімальний припуск згідно [24].

$$2Z_{\min} = 2(R_Z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \xi_i^2};$$

Мінімальний припуск на чорнове точіння:

$$2 \cdot Z_{2\min} = 2 \cdot (R_{Z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \xi_2^2}) = 3600 \text{ мкм};$$

Мінімальний припуск на чистове точіння:

$$2 \cdot Z_{3\min} = 2 \cdot (R_{Z2} + h_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \xi_3^2}) = 750 \text{ мкм};$$

Розміри отвору після чистового точіння:

$$D_{\min} = d_H - EI = 290 - 0,37 = 289,63 \text{ мм},$$

$$D_{\max} = d_H - ES = 290 - 0 = 290 \text{ мм}.$$

Розрахунковий розмір для чорнового точіння:

$$D_{2\max} = D_{\min} + 2Z_{3\min} = 290 + 0,75 = 290,75 \text{ мм}.$$

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δпк
						124
Змч	Δпк	Но доквм	Підпи	Ла		

Допуск на обробку заготовки

Для чорнового точіння: $TD_2 = 0,13 \text{ мм} = 130 \text{ мкм}$ (Н12).

Заготовки: $TD_1 = 5,2 \text{ мм} = 5200 \text{ мкм}$.

Розрахунковий мінімальний розмір визначаємо різницею максимального розрахункового розміру та величини допуску:

$$D_{2\min} = D_{2\max} + TD_2 = 290,75 + 1,3 = 290,68 \text{ мм},$$

Для заготовки:

$$D_{1\max} = D_{2\min} + 2Z_{2\min} = 290,68 + 3,6 = 294,28 \text{ мм}.$$

$$D_{1\min} = D_{1\max} - TD_1 = 294,28 + 5,2 = 299,48 \text{ мм}.$$

Схема розташування розрахованих припусків та допусків представлена на рисунку А.2.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						125
Змч	Днк	Но доквм	Підпи	Ла		

Таблиця А.3.1 – Розрахунок припусків на обробку дика, діаметром 1800 мм

Технологічні переходи обробки поверхні	Допуск TD мкм	Граничний розмір, мм		Граничне значення припуску, мм	
		d_{\max}	d_{\min}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	5200	290	289,63	—	—
Чорнове точіння	130	290,75	299,48	20,1	3,6
Чистове точіння	370	290,375	294,65	1,120	0,75
Загальний припуск	—	—	—	21,22	4,35

Висновок: відрізати заготовку 299,48 мм.

А.3.3 Розрахунок режимів різання при розсвердлюванні отворів Ø 20

Матеріал який оброблюється – сталь 20Л.

Глибина різання:

$$t = 0,5(D - d) = 0,5 \cdot (20 - 0) = 10,0 \text{ мм},$$

де $D=20$ мм – діаметр отвору в деталі; $d=0$ мм – діаметр отвору в заготовці.

З подач, що рекомендуються призначаємо $S_0=1,2$ мм/об. Приймаємо період стійкості інструмента $T=45$ хв. [14].

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						127
Змч	Днк	Но доквм	Підпи	Ла		

Швидкість різання, яка допускається періодом стійкості інструмента:

$$V_H = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} \cdot k_V = \frac{20 \cdot 20^{0,6}}{45^{0,25} \cdot 3,5^0 \cdot 1,2^{0,3}} \cdot 0,65 = 21,7 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де $C_V = 20,0$; $q = 0,6$; $y = 0,3$; $m = 0,25$; $k_V = 0,65$

Обертний момент:

$$M_{об} = 10C_M \cdot D^q \cdot t^x S^y \cdot k_p = 10 \cdot 0,1 \cdot 20^1 \cdot 9^{0,8} \cdot 1,2^{0,65} \cdot 0,76 = 35,9 \text{ Н} \times \text{м};$$

Значення коефіцієнтів та показників степеня

$$C_M = 0,09; q = 1,0; y = 0,65;$$

k_p – коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $k_p = 0,68$.

де n – частота обертання сверла:

$$n = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 21,7}{3,14 \cdot 20} = 383,9 \text{ об/хв}$$

По станку підбираємо наближене значення $n_0 = 320 \text{ об/хв}$ тоді фактична швидкість різання:

$$V_\Phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\Phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 320}{1000} = 18,08 \text{ м/хв}.$$

Потужність різання:

$$N_C = \frac{M_{об} \cdot n_\Phi}{9750} = \frac{35,9 \cdot 320}{9750} = 1,17 \text{ кВт};$$

По паспортним даним, потужність станка $N_{кр} = 4,5 \text{ кВт}$.

Приймаємо наступні значення: $t = 9 \text{ мм}$, $S_0 = 1,2 \text{ мм/об}$, $n_0 = 320 \text{ об/хв}$,
 $V_\Phi = 18,08 \text{ м/хв}$, $N = 1,17 \text{ кВт}$.

Хвилинна подача $S_{хв} = 1,2 \cdot 320 = 384 \text{ мм/хв}$.

А.3.4 Розрахунок норми часу на розсвердління отворів Ø 20

Штучно – калькуляційний (основний) час на свердління:

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						128
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Лп		

$$T_0 = \frac{l + l_{BP} + l_{ПЕР}}{S_{XB}} = \frac{20 + 3 + 0}{384} = 0,054 \text{ хв.}$$

де $l = 20 \text{ мм}$ – довжина поверхні, яка оброблюється;

$l_{BP} = 3 \text{ мм}$ – довжина врізання;

$l_{ПЕР} = 0$ – довжина перебігу інструменту.

Норми допоміжного часу визначені з довідників або за нормативами і зведені в таблицю А.3.

Таблиця А.3 Норми допоміжного часу.

№ п	Найменування дії оператора	Норма часу
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку	0,4
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,1
Всього		0,59

Для одного отвору: $T_{цк.} = 0,054 + 0,59 = 0,644 \text{ хв.}$

Для 8 отворів: $T = 0,644 \cdot 8 = 7,728 \text{ хв.}$

А.4 Опис конструкції та розрахунок пристрою

Пристосування складається з наступних основних частин: основа із вбудованим рейкового механізма, поршень, станини, пластини кондукторної плити.

Основа пристосування встановлюється на столі верстату з базуванням по пазам $\phi = 30F8$ зі шпонками і закріплюється гвинтом. Рейкового механізма вбудований в основу з можливістю вертикального переміщення поршня зі штоком в результаті подачі стиснутого повітря в поршневий або штоковий об'єми.

Тяга згвинчена співвісно зі штоком рейкового механізма і фіксується додатково гайкою. На основі пристосування закріплений фіксатор для забезпечення орієнтації заготовки відносно поверхонь, оброблених в

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						129
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

попередніх операціях.

Пристосування працює таким чином:

Встановлюють заготовку на поршень. Фіксують гайку на поршні. Вмикають подачу стиснутого повітря в штоковий об'єм рейкового механізму, поршень переміщується і закріплює заготовку до станини. Після обробки стиснуте повітря подається в поршневий об'єм рейкового механізму, поршень переміщується. Знімаємо шайбу, потім деталь.

Схема сил, діючих у пристрої, показана на рисунку А.3.

Сила зсування, яка викликається обертанням інструмента

$$F_3 = \frac{M_{об}}{R} = \frac{35,9 \cdot 2}{0,335} = 214 \text{ Н}$$

де $R=0,335/2$ мм – радіус прикладання сили зсування.

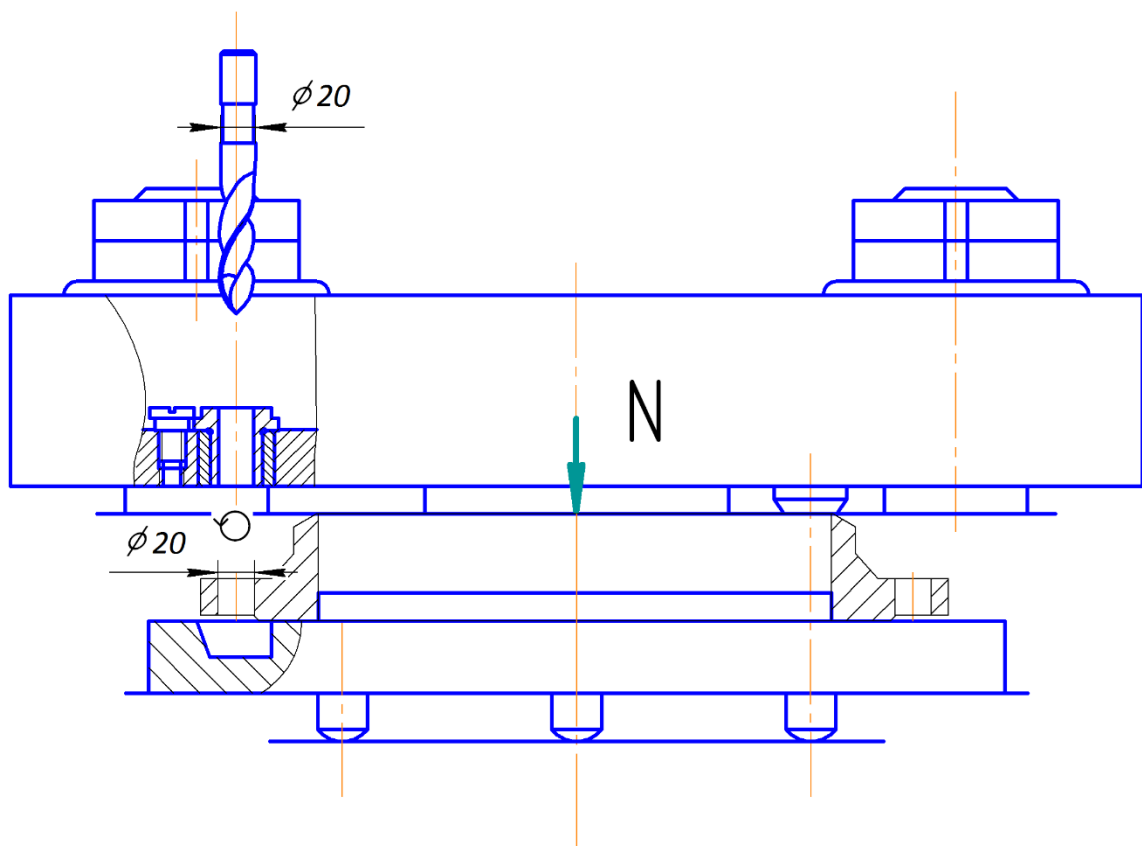


Рисунок А.3-Схема навантажень при закріпленні фланця

Сила притискання, яка забезпечить нерухомість закріплюваної деталі:

$$N = \frac{F_i}{f} = \frac{214}{0,25} = 856 \text{ Í} .$$

Передаточне число механізму затискання $i=27$, зусилля, яке необхідно прикласти до ричагу:

$$P = \frac{N}{i \cdot \eta} = \frac{856}{27 \cdot 0,85} = 37,3 \text{ Н} .$$

Висновок: приймаємо $P=50 \text{ Н}$. В даному розділі дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення деталі – кришки.

В процесі виконання роботи вирішилися наступні завдання: розроблена технологія виготовлення кришки, в яку входить вибір методу отримання заготовки і розрахунок припусків. Вибрано устаткування інструментів для кожної операції, розраховано режими та сили різання, розраховані норм часу.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						131
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Додаток Б

Автоматичний контроль і керування процесом

					<i>ЛН81мп.066231.000ПЗ</i>	<i>Днк</i>
						132
<i>Змч</i>	<i>Днк</i>	<i>Но докум</i>	<i>Підпи</i>	<i>Ла</i>		

Вступ

Автоматизація хімічних виробничих процесів є одним з основних напрямків технологічного прогресу виробництва.

Автоматизована система керування механічними процесами сприяє підвищенню ефективності виробництва при карбонаті калію.

В автоматизованих системах керування використовують всі сучасні методи керування механічними процесами. У керуванні дуже важливу роль грають питання збору і перетворення параметрів, що характеризують хід технологічного процесу.

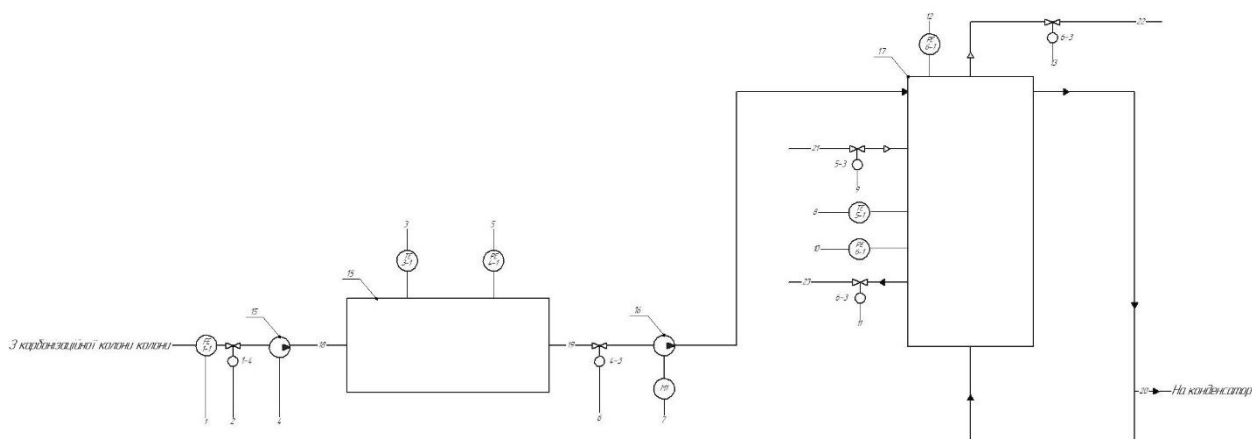
Автоматичний контроль полегшує працю оператора, але не вирішує до кінця проблему керування складними технологічними процесами. Тому все частіше використовуються системи автоматизації і ЕОМ.

Використання ЕОМ дозволяє здійснити оброблення інформації автоматичними пристроями зі швидкістю, яка набагато перевищує швидкість обробки інформації людиною.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						133
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Б.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема процесу виробництва карбонату калію зображено на



рисунку Б.1

1 – компресор; 2 – мембранний апарат; 3 – насос; 4 – випарний апарат.

Рисунок Б.1 –Схема автоматизації процесу отримання карбонату калію

До мембранного апарата 2, за допомогою компресора 1 подається слабкий розчин карбонату калію з тиском 6 МПа та температурою 20 °С, де він досягає концентрації 3%, продуктивність мембранного апарата за вхідним розчином складає 162 м³/год. Після концентрування, за допомогою насоса розчин подається до випарного апарата з виносною циркуляційною трубою та упарюється до концентрації 60%. Отриманий розчин охолоджується у конденсаторі.

Б.2 Аналіз виробництва гуміно-мінеральних добрив як об'єкта автоматизації

Процес автоматизації виробництва по даній схемі здійснюється шляхом контролю і регулювання параметрів.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Δнк
Змн	Δнк	№ доквм	Підпи	Ла		134

Таблиця Б.1. - Параметри контролю виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце зміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми техноло- гічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Витрата розчину на вході в мембранний апарат Трубопровід	Витрата	162 м ³ /год	Контроль, регулювання
2	Температура розчину в мембранному апараті Мембранний апарат	Температура	20 °С	Контроль

3	Тиск Мембранний апарат	Тиск	6 МПа	Контроль, регулювання
4	Температура в гріючій камері випарного апарата Випарний апарат	Температура	137 °С	Контроль, регулювання
5	Тиск в гріючій камері Випарний апарат	Тиск	0,15 МПа	Контроль, регулювання
6	Тиск в трубах Випарний апарат	Тиск	0,1 МПа	Контроль, регулювання

Б.3 Автоматизація технологічного процесу

Б.3.1 Система автоматичного контролю

В даному процесі автоматичному контролю підлягають такі параметри:

- витрата сировини на вході в мембранний апарат;
- температура розчину в мембранному апараті;
- тиск в мембранному апараті;

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						136
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

- температура гріючого агента в гріючій камері випарного апарата;
- тиск в гріючій камері випарного апарата;
- тиск в трубному просторі випарного апарата.

Контур автоматичного контролю витрат 1 працює таким чином: первинний вимірювач датчик потоку, SITRANS FCS300 формує сигнал, що поступає на автоматичний показовий і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять. Завдяки цьому оператор може спостерігати за процесом в реальному часі.

Схожим чином в системі працюють контури регулювання температурою: 2, 4. Первинний вимірювач - термоперетворювач опору, SITRANS TS500 формує первинний сигнал. Сигнал потрапляє на автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять SITRANS RD300, після чого сигнал передається на виконавчі елементи.

Контури 3, 5 та 6 використовуються для контролю тиску в апаратах. Первинний вимірювач тиску - SITRANS P500 формує первинний сигнал, який потрапляє на автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять SITRANS RD300, після чого сигнал передається на заслінку з електричним приводом, що дозволяє реалізувати елемент керування.

Б.3.2 Система автоматичного регулювання

Призначення системи автоматичного регулювання полягає в забезпеченні стабілізації процесу виробництва гуміново-мінеральних добрив за рахунок регулювання витрати сировини на вході в систему та виході з неї, а також підтримання заданих параметрів температури та тиску в апаратах. Обов'язковою умовою нормальної роботи системи є стабілізація вхідних параметрів. Для регулювання зазначених величин у системі застосовані заслінки з електроприводом, які дозволяють регулювати витрати сировини та

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						137
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

кількість підведеної теплоти до апаратів, а також масовою витратою.

Система автоматичного регулювання налаштована так, що дія кожного регулятора з появою збурювання в попередній зоні зводиться до своєчасної компенсації відхилення в процесі тільки до рівня, при якому істотно не порушується протікання процесу на наступній стадії.

Вимірювання витрати здійснюється у контурі 1 за допомогою сенсора витратоміра SITRANS FCS300 (поз.1-1), після чого сигнал з сенсора потрапляє на модуль обробки витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин SITRANS RD300 (поз.1-2). Для того, щоб оператор знав яке значення витрати в даний момент, та для того, щоб знати статистику витрати за певний період сигнал подається на автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять (поз.1-3).

Температура в контурі 2 та 4, регулюється за допомогою заслінки GDB161.1E (поз.2-3, 4-3), при недостатній температурі заслінка відкривається та збільшується подача гріючого агенту.

Отже, система автоматичного регулювання призначена для постійного регулювання розглянутих параметрів та стабілізації процесу без втручання оператора.

Б.4 Специфікація засобів автоматизації

Специфікація засобів автоматизації приведена в таблиці Б.2

Висновок

Рішення по автоматизації в даній схемі успішні, це практично дає можливість виключити людину з процесу виробництва. Необхідна тільки присутність оператора, який слідкуватиме за стабільністю протікання процесу з допомогою приладів, які розміщені на щиті керування. Дане виробництво для людини є відносно безпечне, тому в схемі не приділяється увага захисту від шкідливих факторів. Є перспектива модернізації і подальшого розвитку системи автоматизації даного технологічного процесу.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						138
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Додаток В
Документація до патентного дослідження

					<i>ЛН81мп.066231.000ПЗ</i>	<i>Днк</i>
						139
<i>Змч</i>	<i>Днк</i>	<i>Но докум</i>	<i>Підпи</i>	<i>Ла</i>		

Документація до патентного дослідження

Регламент пошуку № ЛН81мп.066231.100 РП

Найменування теми: Випарний апарат

Шифр теми: ЛН81мп.0666231.000

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛН81мп.0666231.000, 01.11.19

Об'єкт пошуку – винаходи та корисні моделі

Предмет пошуку – Випарний апарат.

Мета пошуку інформації – визначення патентоздатності проєктованого апарату й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Росія

Регламент пошуку: 2018–2019

Класифікаційні індекси:

– міжнародна патентна класифікація: МПК 6 – B01D1/06, B01D1/22, B29C 47/12.

– уніфікована десятикова класифікація УДК 678.5.

Джерела інформації:

– патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України.

– науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва.

– інтернетресурси: <http://ep.espacenet.com/>.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						140
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця В.1 – Регламент пошуку

Предмет пошуку	Мета пошуку і інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Випарний апарат.	Визначення патентно-здатності проектного апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, США, Росія.	МПК 6 – B01D1/06, B01D1/22, B29C 47/12, УДК 678.5	2018-2019	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей. Підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Таблиця В.2 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база	Бібліографічні дані	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Випарний апарат.	Україна, США, Росія.	МПК 6 – B01D1/06, B01D1/22, B29C 47/12, УДК 678.5	Фонд КПІ Ім. Ігоря Сікорського Державний патентний фонд Бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/	Описи корисних моделей патентів України Описи винах патентів США України Описи винах патентів Росії	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", "Тепломасообмен" УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок та ін.. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч. 2. – 416 с. – Бібліогр.: с. 415-415. – 400 пр.

Змн	Дрк	Но докум	Підпи	Лс

ЛН81мп.066231.000ПЗ

Днк

142

Таблиця В.3 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Випарний апарат	Патент №RU2700059C1, МПК(2006.01) B01D1/06, Випарний апарат/Зюзин Олександр Василевич (RU), Тереньев Сергей Геннадьевич (RU) . Заявка № u201812304025, 25.06.2018; Опубл.12.09.2019, Бюл. № 26.	Діє
Плівковий випарний апарат	Патент №123456U, МПК (2006.1)) B01D1/22. Плівковий випарний апарат/ Король Антон Юрійович (UA), Двойнос Ярослав Григорович (UA) . Заявка № u201809633, 02.10.2018; Опубл.26.02.2019, Бюл. № 4.	Діє
Роторно – плівковий випарний апарат	Патент №124209U, МПК (2006.1)) B01D1/22. Роторно – плівковий випарний апарат/Бишко Микита Андрійович (UA), Зубрій Олег Григорович (UA) . Заявка № u201810606, 01.11.2018; Опубл. 26.03.2019, Бюл. № 6	Діє
Випарник	Patent EP 3 159 054 A1, Int. CI. B01D 1/22, F28D 7/10. Evaporator/ Jessica L. (US), John W. (US), Jr., James W. (US); Appl. № 15190329.1; F. 19.10.2015, Pub. 26.04.2018, bul. 2019/17	Діє
Випарник	Patent US 2018/10117493 A1, Int. CI. B01D/22, B01D 5/00, B01F 7/18, B01F 15/06, B01F 7/00. Evaporator / Tadahiyo Mukaida (JP), Hiroshi Yamaji (JP), Hideo Noda (JP); Appl. № 15/552,334; F. Sep.7.2018, Pub. May.03.2019, PCT № PCT/JP2018/075312	Діє

Таблиця В.4 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Випарний апарат	Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии.	М.: Химия, 1991. - 496с.
Випарний апарат	Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химических технологии	М.: Химия, 1968 – С.472
Випарний апарат	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты хим. технологии	М.: Химия, 1971 – С.387

Висновок

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

Пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						144
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Документація до патентного дослідження

Регламент пошуку № ЛН81мп.0666231.100 РП

Найменування теми: Мембранний апарат

Шифр теми: ЛН81мп.0666231.000

Етап: Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:

ЛН81мп.0666231.000, 01.11.19

Об'єкт пошуку – винаходи та корисні моделі

Предмет пошуку – Мембранний апарат.

Мета пошуку інформації – визначення патентоздатності проєктованого апарату й визначення тенденцій розвитку цього напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Китай, Росія

Регламент пошуку: 2018–2019

Класифікаційні індекси:

– міжнародна патентна класифікація: МПК 6 – B01D45/04, F01M13/04, B01D145/12, B04C3/02.

– уніфікована десяткова класифікація УДК 678.5.

Джерела інформації:

– патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України.

– науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва.

– інтернетресурси: <http://ep.espacenet.com/>.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						145
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця В.1 – Регламент пошуку

Предмет пошуку	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Мембранний апарат.	Визначення патентно-здатності проектного апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, Китай, Росія.	МПК 6 – B01D45/04, F01M13/04, B01D145/12, B04C3/02, УДК 678.5	2018- 2019	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей. Підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						146
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця В.2 – Джерела інформації, використані під час проведення

пошуку

Предмет пошуку	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база	Бібліографічні дані	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Мембранний апарат.	Україна, Китай, Росія.	МПК 6 – B01D45/04, F01M13/04, B01D145/1, B04C3/02, УДК 678.5	Фонд КПІ Ім. Ігоря Сікорського Державний патентний фонд Бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/	Описи корисних моделей патентів в Україні і Описи винаходів патентів в Китаї Україні і Описи винаходів патентів в Росії	Журнали "Химическое, нефтеперера- батывающее и полимерное машинострое- ние", "Тепломасо- обмен" УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные про- цессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонюк та ін.. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч. 2. – 416 с. – Бібліогр.: с. 415- 415. – 400 пр.

Змн	Дрк	Но докум	Підпи	Ла

ЛН81мп.066231.000ПЗ

Днк

147

Таблиця В.3 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо дії
Мембранний апарат	Патент № US0316215A1 Америка, МПК(2013.01) C13B 61/025 заявлено 16.04.2019, опубл. 17.10.2019	Діє
Мембранний апарат	Патент № US0300410A1 Америка, МПК(2013.01) CO2F 9/008 заявлено 29.03.2019, опубл. 03.10.2019	Діє
Мембранний апарат	Патент № US0249639A1 Америка, МПК(2013.01) F02M 37/223 заявлено 14.02.2019, опубл. 15.08.2019	Діє
Мембранний апарат	Патент № US010427948B2 Америка, МПК(2013.01) BO1D 53/1493 заявлено 25.01.2019, опубл. 01.10.2019	Діє
Мембранний апарат	13. Патент № UA0300396A1 Fvthbrf, МПК(2013.01) C02F1/484 заявлено 28.03.2019, опубл. 03.10.2019	Діє

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						148
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Таблиця В.4 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Мембранний апарат	Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии.	М.: Химия, 1991. - 496с.
Мембранний апарат	Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химических технологии	М.: Химия, 1968 – С.472
Мембранний апарат	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты хим. технологии	М.: Химия, 1971 – С.387

Висновок

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

Пропоновані апарати і їх складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						149
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Додаток Г

Комп'ютерний розрахунок на міцність одношарової циліндричної
обичайки

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						150
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		

Додаток Г

Програмний розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском

На рисунку Б.1 зображено блок – схему до розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки навантаженої внутрішнім тиском

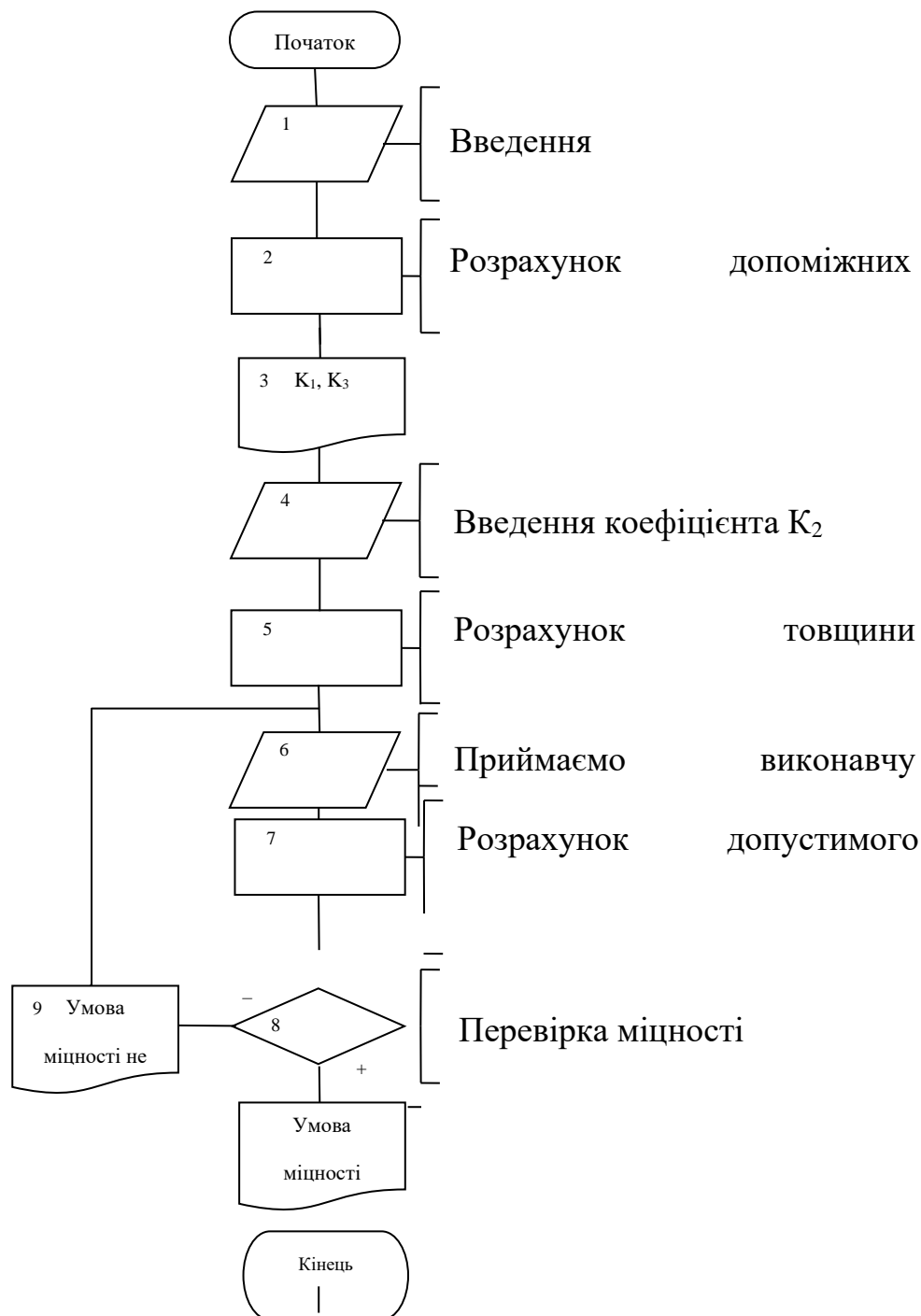


Рисунок Б.1 – Блок – схема розрахунку циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском

Найменування величини					Позначення	
					Ідентифікатор	
1					2	
					3	
					4	
Діаметр обичайки					D	
Зовнішній тиск					p_R	
Допустиме напруження					$[\sigma]$	
Модуль пружності					E	
Довжина обичайки					L	
Коефіцієнт запасу міцності					n_y	
Конструктивний коефіцієнт K_1					K_1	
Конструктивний коефіцієнт K_3					K_3	
Розрахункова товщина стінки					S_p	
Прибавка на компенсацію корозії					c_1	
Прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщину листа					c_2	
Прибавка залежно від конструктивного виконання					c_3	
Виконавча товщина стінки					S	
Допустимий тиск з умови міцності					$[P]_{II}$	
Допустимий тиск з умови стійкості					$[P]_E$	
Розрахунковий коефіцієнт					B_I	
Допустимий зовнішній тиск					$[P]$	
					ЛН81мп.066231.000ПЗ	
Змк	Дрк	Но докум	Підпи	Ла		
					152	

Програма розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки
навантаженої зовнішнім тиском

$$\begin{aligned}
 D &:= 1.8 && \text{м} \\
 P &:= 0.1 \cdot 10^6 && \text{Па} \\
 \phi &:= 0.9 \\
 \sigma &:= 167.84 \cdot 10^6 && \text{Па} \\
 E &:= 1.9489 \cdot 10^{11} && \text{Па} \\
 L &:= 2.5 && \text{м} \\
 n_y &:= 1.5 \\
 K_1 &:= \frac{n_y \cdot P}{2.4 \cdot 10^{-6} \cdot E} = 0.3207 && K_2 := 0.3 \\
 K_3 &:= \frac{L}{D} = 1.389 \\
 K_2 \cdot D \cdot 10^{-2} &= 0.0054 && \frac{1.1 \cdot P \cdot D}{2 \cdot \sigma} = 5.898 \times 10^{-4} \\
 S_p &:= \max\left(K_2 \cdot D \cdot 10^{-2}, \frac{1.1 \cdot P \cdot D}{2 \cdot \sigma}\right) = 5.4 \times 10^{-3} && \text{м} \\
 c_1 &:= 4 \cdot 10^{-3} && \text{м} \\
 c_2 &:= 0.6 \cdot 10^{-3} && \text{м} \\
 c_3 &:= 0 \\
 c &:= c_1 + c_2 + c_3 = 4.6 \times 10^{-3} && \text{м} \\
 S &:= S_p + c = 0.01 && \text{м} \quad \text{Приймаємо} \quad c_2 := 0.8 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\
 c &:= c_1 + c_2 + c_3 = 4.8 \times 10^{-3} && \text{м} \\
 S &:= S_p + c = 0.0102 && \text{м} \\
 \text{Приймаємо} \quad S &:= 12 \cdot 10^{-3} && \text{м} \\
 P_n &:= \frac{2 \cdot \sigma \cdot (S - c)}{D + S - c} = 1.337 \times 10^6 && \text{Па} \\
 B_1 &:= \min\left[1, 9.45 \cdot \frac{D}{L} \cdot \sqrt{\frac{D}{100(S - c)}}\right] = 1 \\
 P_E &:= \frac{20.8 \cdot 10^{-6} \cdot E \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot L} \cdot \left[\frac{100 \cdot (S - c)}{D}\right]^{2.5} = 1.969 \times 10^5 && \text{Па} \\
 P_n &:= \frac{P_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_n}{P_E}\right)^2}} = 1.948 \times 10^5 && \text{Па} \geq P = 1 \times 10^5 \text{ Па}
 \end{aligned}$$

Результати розрахунку за програмою розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском приведені в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – результати розрахунку

Найменування величини	Позначення	Числове значення	Розмірність
1	2	3	4
Розрахункова товщина стінки	S_p	10,2	м
Виконавча товщина стінки	S	12	м
Допустимий зовнішній тиск	$[P]$	1,948	МПа

Додаток Д

Патенти, які використані в патентному дослідженні

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						155
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Ла		



					<i>ЛН81мп.066231.000ПЗ</i>	<i>Δηκ</i>
						156
<i>Змч</i>	<i>Δηκ</i>	<i>№ докum</i>	<i>Πίδπч</i>	<i>Лσ</i>		



					<i>ЛН81мп.066231.000ПЗ</i>	<i>Δηκ</i>
						157
<i>Змч</i>	<i>Δηκ</i>	<i>№ докum</i>	<i>Πίδπч</i>	<i>Лσ</i>		



					<i>ЛН81мп.066231.000ПЗ</i>	<i>Δηκ</i>
						158
<i>Змч</i>	<i>Δηκ</i>	<i>№ докum</i>	<i>Πίδπч</i>	<i>Лσ</i>		

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						159
Змч	Днк	Но докум	Підпи	Лс		



					<i>ЛН81мп.066231.000ПЗ</i>	<i>Днк</i>
						160
<i>Змч</i>	<i>Днк</i>	<i>Но докум</i>	<i>Підпи</i>	<i>Ла</i>		

Додаток Е
Публікації автора

					<i>ЛН81мп.066231.000ПЗ</i>	<i>Днк</i>
						161
<i>Змч</i>	<i>Днк</i>	<i>Но докум</i>	<i>Підпи</i>	<i>Ла</i>		

Додаток Е

Публікації автора

Студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв **Валька Михайла Павловича**

1) Валько М.П. Виробництво карбонату калію карбонізацією розчину гідроксиду калію. Валько М.П., Гулієнко С.В. //Збірник тез доповідей XV Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" – 2018. - с.35-36

2) Валько М.П. мембранний апарат установки виробництва карбонату калію. Валько М.П., Гулієнко С.В. //Збірник тез доповідей XVII Міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" – 2019. с.100-101.

3) Валько М.П. Модернізація модуля зворотного осмосу. Валько М.П., Гулієнко С.В. // Збірник тез доповідей XV Міжнародна науково-практична конференція "Динамика научных исследований"-2019. с.32-35

4) Оцінка ефективності нової конструкції сітки-сепаратора мембранних модулів// Міжнародного наукового журналу «Інтернаука»/№ 17. грудень 2019. <https://www.inter-nauka.com/issues/2019/17/5449>

5) Патент України № U201906414, МПК B01D 61/02 (2006.01), модуль зворотного осмосу/Валько М.П., Гулієнко С.В.; заявники Валько М.П., Гулієнко С.В; заявл. 10.06.2019; опубл.

					ЛН81мп.066231.000ПЗ	Днк
						162
Змн	Днк	Но докум	Підпи	Ла		